



“Diagnóstico del estado que guarda la eficiencia de las estaciones hidrométricas y climatológicas en la cuenca del Río Bravo”



DURANGO



CHIHUAHUA



COAHUILA



NUEVO LEÓN



TAMAULIPAS



ÍNDICE

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUCCIÓN..... | 11 |
| 1.1 | Antecedentes..... | 13 |
| 1.2 | Objetivo del estudio..... | 15 |
| 2 | SISTEMAS DE MEDICIÓN | 16 |
| 2.1 | Precipitación | 16 |
| 2.2 | Escurrimientos superficiales o flujo fluvial | 21 |
| 2.2.1 | Selección de sitios para aforos..... | 21 |
| 2.3 | Automatización | 25 |
| 2.4 | Tipos de estaciones de medición en la Región Hidrológica 24 | 29 |
| 2.4.1 | Estación climatológica convencional..... | 29 |
| 2.4.2 | Estaciones Automáticas (Climatológica-Telemétrica y EMA)..... | 29 |
| 2.4.3 | Estación sinóptica meteorológica (ESIME)..... | 30 |
| 2.4.4 | Estación de radio sondeo | 30 |
| 2.4.5 | Radar meteorológico..... | 31 |
| 2.4.6 | Observatorios meteorológicos de superficie | 32 |
| 2.5 | Conceptos generales de redes hidrológicas | 33 |
| 2.5.1 | Diseño de una red | 33 |
| 3 | ZONA DE ESTUDIO | 35 |
| 3.1 | Cinco Tributarios..... | 39 |



| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.1.1 | Arroyo Las Vacas | 39 |
| 3.1.2 | Río San Diego | 41 |
| 3.1.3 | Río San Rodrigo | 42 |
| 3.1.4 | Río Escondido | 43 |
| 3.1.5 | Río Salado | 44 |
| 3.2 | Cuenca Río Conchos | 47 |
| 3.2.1 | Río Conchos 1 | 47 |
| 3.2.2 | Río Conchos 2 | 48 |
| 3.2.3 | Río Conchos 3 | 49 |
| 3.2.4 | Río Conchos 4 | 50 |
| 3.2.5 | Río Chuviscar | 51 |
| 3.2.6 | Río San Pedro | 52 |
| 3.2.7 | Río Parral | 53 |
| 3.2.8 | Río Balleza | 54 |
| 3.2.9 | Río Florido 1 | 55 |
| 3.2.10 | Río Florido 2 | 56 |
| 3.2.11 | Río Florido 3 | 57 |
| 4 | ESTADO ACTUAL DE LA RED HIDROCLIMATOLÓGICA | 58 |
| 4.1 | Cinco tributarios | 62 |
| 4.1.1 | Arroyo Las Vacas | 62 |
| 4.1.2 | Río San Diego | 64 |



| | | |
|------------|--|-----------|
| 4.1.3 | Río San Rodrigo | 66 |
| 4.1.4 | Río Escondido | 68 |
| 4.1.5 | Río Salado..... | 70 |
| 4.2 | Cuenca Río Conchos | 78 |
| 4.2.1 | Río Conchos 1..... | 78 |
| 4.2.2 | Río Conchos 2..... | 80 |
| 4.2.3 | Río Conchos 3..... | 82 |
| 4.2.4 | Río Conchos 4..... | 84 |
| 4.2.5 | Río Chuviscar | 86 |
| 4.2.6 | Río San Pedro | 86 |
| 4.2.7 | Río Parral..... | 88 |
| 4.2.8 | Río Balleza | 90 |
| 4.2.9 | Río Florido 1 | 92 |
| 4.2.10 | Río Florido 2 | 92 |
| 4.2.11 | Río Florido 3 | 92 |
| 4.3 | Áreas de influencia de las estaciones. | 94 |
| 4.3.1 | Estaciones climatológicas convencionales..... | 98 |
| 4.3.2 | Estaciones Climatológicas-Telemétricas | 100 |
| 4.3.3 | Estaciones Meteorológicas-Automatizadas | 102 |
| 4.3.4 | Estaciones Sinópticas Meteorológicas | 104 |
| 4.3.5 | Estaciones Hidrométricas-Telemétricas..... | 106 |



| | | |
|----------|--|------------|
| 4.3.6 | Estaciones Hidroclimatólogicas Telemétricas | 109 |
| 4.3.7 | Observatorio Meteorológico..... | 111 |
| 4.3.8 | Conjunto de Áreas de influencia | 113 |
| 4.3.9 | Estaciones de Flujo Fluvial..... | 115 |
| 5 | PROPUESTA PARA AMPLIAR LA COBERTURA DE LA RED | 119 |
| 6 | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 124 |
| 7 | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 126 |



Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 2.1 Pluviómetro convencional..... | 18 |
| Figura 2.2 Pluviógrafo de cilindro registrador. | 18 |
| Figura 2.3 Pluviógrafo de cubetas o balanza (León Mendez, et al., 2013)..... | 19 |
| Figura 2.4 Esquema de aforo de corrientes (CONAGUA, 1993). | 24 |
| Figura 2.5 Red de Radares Meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2015). | 32 |
| Figura 2.6 Marco de análisis..... | 34 |
| Figura 3.1 Región Hidrológica Bravo-Conchos..... | 36 |
| Figura 3.2 Subregiones hidrológicas de la Región hidrológica 24 Bravo-Conchos. | 37 |
| Figura 3.3 Regiones Hidrológicas Administrativas..... | 38 |
| Figura 3.4 Cuenca del Arroyo Las Vacas. | 40 |
| Figura 3.5 Cuenca del Río San Diego. | 41 |
| Figura 3.6 Cuenca del Río San Rodrigo..... | 42 |
| Figura 3.7 Cuenca del Río Escondido. | 43 |
| Figura 3.8 Cuenca del Río Salado..... | 44 |
| Figura 3.9 Cuenca del Río Sabinas..... | 45 |
| Figura 3.10 Cuenca del Río Nadadores. | 46 |
| Figura 3.11 Cuenca Río conchos 1. | 47 |



| | |
|--|----|
| Figura 3.12 Cuenca Río conchos 2. | 48 |
| Figura 3.13 Cuenca Río conchos 3. | 49 |
| Figura 3.14 Cuenca Río conchos 4. | 50 |
| Figura 3.15 Cuenca Río Chuviscar..... | 51 |
| Figura 3.16 Cuenca Río San Pedro..... | 52 |
| Figura 3.17 Cuenca Río Parral. | 53 |
| Figura 3.18 Cuenca Río Balleza. | 54 |
| Figura 3.19 Cuenca Río Florido 1..... | 55 |
| Figura 3.20 Cuenca Río Florido 2..... | 56 |
| Figura 3.21 Cuenca Río Florido 3..... | 57 |
| Figura 4.1 Situación de la red convencional. | 60 |
| Figura 4.2 Situación de la red automática. | 60 |
| Figura 4.3 Situación general de la red de estaciones. | 61 |
| Figura 4.4 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Arroyo Las Vacas. | 63 |
| Figura 4.5 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río San Diego..... | 65 |
| Figura 4.6 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río San Rodrigo..... | 67 |
| Figura 4.7 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río Escondido..... | 69 |
| Figura 4.8 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río Salado. | 72 |
| Figura 4.9 Localización de estaciones dentro de la cuenca Río Sabinas..... | 74 |
| Figura 4.10 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río Nadadores. | 77 |



Figura 4.11 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Conchos 1.79

Figura 4.12 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Conchos 2.81

Figura 4.13 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Conchos 3.83

Figura 4.14 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Conchos 4.85

Figura 4.15 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río San Pedro.87

Figura 4.16 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Parral.....89

Figura 4.17 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Balleza.....91

Figura 4.18 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Florido 3....93

Figura 4.19 Tipos de climas presentes en la zona de estudio Cinco Tributarios.95

Figura 4.20 Tipos de climas presentes en la zona de estudio Cuenca Rio Conchos.96

Figura 4.21 Cobertura de las estaciones climatológicas convencionales.....98

Figura 4.22 Cobertura de las estaciones climatológicas convencionales.....99

Figura 4.23 Cobertura de las estaciones Climatológicas-Telemétricas.101

Figura 4.24 Cobertura de las estaciones Meteorológicas Automáticas.103

Figura 4.25 Cobertura de las estaciones Meteorológicas Automáticas.105

Figura 4.26 Cobertura de estaciones Hidrométricas-Telemétricas.....107

Figura 4.27 Cobertura de estaciones Hidrométricas-Telemétricas.....108

Figura 4.28 Cobertura de las estaciones hidroclimatológicas.....109

Figura 4.29 Cobertura de las estaciones hidroclimatológicas.....110

Figura 4.30 Cobertura de los observatorios meteorológicos.111



Figura 4.31 Cobertura de los observatorios meteorológicos. 112

Figura 4.32 Áreas de influencia en conjunto de la zona de estudio Cinco Tributarios.... 113

Figura 4.33 Áreas de influencia en conjunto de la zona de estudio Río Conchos. 114

Figura 4.34 Estaciones de flujo fluvial localizadas en las cuencas de los cinco tributarios en estudio, las cuales se conforman por del Arroyo Las Vacas, Río San Diego, Río San Rodrigo, Río Escondido y Río Salado. 116

Figura 4.35 Estaciones de flujo fluvial localizadas en la zona de estudio del Río Conchos. 118

Figura 5.1 Estaciones Automatizadas propuestas con su radio de influencia. 119

Figura 5.2 Estaciones Automatizadas propuestas con su radio de influencia. 120

Figura 5.3 Área de cobertura de Radar Meteorológico propuesto en la presa Venustiano Carranza. 121

Figura 5.4 Área de cobertura de Radar Meteorológico propuesto en la presa Francisco I. Madero. 122



Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1 Comparativa de aparatos de medición de precipitación. | 20 |
| Tabla 2.2 Datalogger disponibles. | 26 |
| Tabla 2.3 Valores de densidad de la red de estaciones mínima, valores en kilómetros cuadrados. | 34 |
| Tabla 4.1 Red de estaciones convencionales. | 58 |
| Tabla 4.2 Red de estaciones automatizadas. | 59 |
| Tabla 4.3 Totalidad de estaciones. | 59 |
| Tabla 4.4 Resumen de estaciones localizadas en la cuenca del Arroyo Las Vacas. | 62 |
| Tabla 4.5 Resumen de las estaciones en la cuenca del Río San Diego. | 64 |
| Tabla 4.6 Resumen de las estaciones localizadas en la cuenca del Río San Rodrigo. | 66 |
| Tabla 4.7 Resumen de las estaciones de la cuenca del Río Escondido. | 68 |
| Tabla 4.8 Resumen de las estaciones localizadas en la cuenca del Río Salado. | 71 |
| Tabla 4.9 Resumen de estaciones localizadas dentro de la cuenca del Río Sabinas. | 73 |
| Tabla 4.10 Resumen de las estaciones localizadas en la cuenca del Río Nadadores. | 76 |
| Tabla 4.11 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Conchos 1. | 78 |
| Tabla 4.12 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Conchos 2. | 80 |
| Tabla 4.13 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Conchos 3. | 82 |
| Tabla 4.14 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Conchos 3. | 84 |
| Tabla 4.15 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río San Pedro. | 86 |



| | |
|---|-----|
| Tabla 4.16 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Parral..... | 88 |
| Tabla 4.17 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Balleza..... | 90 |
| Tabla 4.18 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Florido 3. | 92 |
| Tabla 4.19 Descripción de la clasificación de climas según Köppen y modificada por Enriqueta García..... | 97 |
| Tabla 4.20 Estaciones de flujo fluvial dentro del área de estudio. | 115 |
| Tabla 4.21 Estaciones de flujo fluvial dentro del área de estudio. | 117 |



1 INTRODUCCIÓN

Los datos obtenidos de las estaciones hidrométricas e hidrometeorológicas son la base fundamental de información necesaria para el desarrollo y ordenamiento de los recursos hídricos tanto de una cuenca en particular, una región o hasta un país. Dado que los eventos naturales de caudales, lluvias, temperaturas, etc. son series de tiempo irrepetibles en la naturaleza, surge la importancia de la captura de dicha información (Fattorelli & Fernandez, 2011).

Buenos registros históricos de eventos naturales, como los mencionados, constituyen un capital de gran valor, así, su preservación y permanente actualización es fundamental. Las redes de medición de esos fenómenos naturales resultan prioritarias en este contexto y su adecuada planificación, instalación, mantenimiento y operación, deben ser de prioridad para cualquier gobierno provisional, regional o nacional.

La medición ordenada y sistemática de lluvias y caudales, se ha realizado desde fines del siglo XIX en diversos países, sobre todo, a partir del momento en que se inició el tratamiento estadísticos de las variables hidrológicas. No obstante en esas primeras mediciones, no existía el criterio de red, sino la necesidad local o regional de contar con información para la ejecución de obras, planes o programas de uso del agua o soporte agrícola-ganadero (Fattorelli & Fernandez, 2011).

En la actualidad, los organismos relacionados con la información hidrológica, han sido creados con objeto de recopilar, archivar y difundir sistemáticamente datos sobre los recursos hídricos; teniendo como su misión principal la de proporcionar información a los encargados de adoptar decisiones sobre el estado y las tendencias de los recursos hídricos. Cabe resaltar que, se necesitan datos tanto históricos como en tiempo real para responder a todos los tipos de necesidades, desde la planificación de los recursos hídricos hasta el diseño de proyectos y los avisos de crecida (OMM, 2008).

En general, conocer la información del medio natural y su interacción con actividades sociales y económicas es de suma importancia en el apoyo de formulación de políticas, planificación del desarrollo y gestión ambiental (García *et al.*, 1999). Los eventos naturales son series de tiempo irrepetibles en la naturaleza por lo que es de gran relevancia la captura de dicha información (Fattorelli & Fernández, 2011).



En este contexto, los fenómenos hidrometeorológicos se estudian mediante el análisis de series de datos obtenidas en estaciones de medición distribuidas en una región determinada. Estas estaciones en conjunto con el instrumental, los protocolos, estándares de medición y el equipo técnico administrativo de operación conforman lo que se denomina la "red hidrometeorológica". Buenos registros históricos de eventos naturales constituyen un capital de gran valor, así, su preservación y permanente actualización es fundamental. La adecuada planificación, instalación, mantenimiento y operación de esas redes, deben ser una prioridad para cualquier gobierno provisional, regional, nacional u organismo administrativo.

En el caso de la zona de estudio, cuenca del Río Bravo-Conchos (RH 24), el papel que juega esta red de estaciones es de gran relevancia. En primer lugar para la realización de pronósticos y alertas sobre la ocurrencia de fenómenos severos (por ejemplo las inundaciones o sequías) que han llegado a cobrar vidas humanas en eventos catastróficos en ciertas partes de la cuenca. Y en segundo lugar la información de estas estaciones funciona para evitar conflictos sociales entre los usuarios del agua en esta región al ser transfronteriza. Por estas razones es importante contar con un buen funcionamiento de la red de observación en esta región hidrológica.



1.1 Antecedentes

En respuesta a las propuestas de proyectos hechas por los diferentes actores en materia de aguas a nivel Regional, La Gerencia Operativa del Consejo de Cuenca Río Bravo, solicitó al Centro Internacional del Agua, la elaboración del presente estudio denominado “Diagnostico del estado que guarda la eficiencia de las estaciones hidrométricas y climatológicas en la cuenca del Río Bravo” (Etapa 1). Con la finalidad de contar con un panorama más amplio de la situación actual en cuanto a la medición de la información hidrológica en torno a las cuencas del arroyo Las Vacas, Río San Diego, Río San Rodrigo, Río Escondido, Río Salado y el Río Conchos. También conocida como la subregión “Seis Tributarios”. Este estudio toma importancia debido a que en la investigación denominada "Análisis especial de las regiones más vulnerables ante la sequía" la cuenca del Río Conchos, fue calificada como la zona más vulnerable del país, lo cual propiciará que para el año 2030, esa región cuente con un 20% menos de recursos hídricos y que sean mucho más frecuentes las sequías.

Durante la década de 1990 la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) se dió a la tarea de llevar a cabo las acciones necesarias para el rediseño y modernización de las redes de monitoreo para la recopilación de datos e información hidrológica. Lo anterior, con la finalidad de contar con un desarrollo sustentable y la administración adecuada de los recursos hídricos en el país (Pieyns, 2010).

Por consecuencia, en el año de 2005 mediante un Acuerdo de Cooperación Técnica, SEMARNAT/CNA- OMM 2005, se llevó a cabo el Proyecto de Fortalecimiento del Manejo Integrado del Agua (PREMIA) dentro del cual, en el año 2010 se realizó el informe denominado “Actualización del rediseño de redes hidroclimatológicas en la Región Hidrológica 24 Río Bravo” elaborado por un consultor de la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

Así mismo, dentro del informe realizado en 2010, se resalta la importancia de continuar con los esfuerzos para contar con una buena base de información hidroclimatológica, dado que la región hidrológica No. 24 se encuentra dentro de las cuencas transfronterizas. Por tanto, ésta queda en el marco del Tratado sobre Distribución de las Aguas Internacionales celebrado entre México y Estados Unidos el cual, fue firmado el 3 de febrero de 1944.

De lo anterior, nace la inquietud por parte la Gerencia Operativa del Consejo de Cuenca Río Bravo, de realizar el presente estudio, para realizar un diagnóstico de la red de



estaciones hidrometeorológicas que operan actualmente en el Región Hidrológica No. 24 Río Bravo Conchos.

Por otro lado, la variable climática considerada como más importante, es la precipitación, esto dado que es la base para el diseño de obras civiles, obras hidráulicas, realización de estudios de cantidad y calidad del agua, estudio de inundaciones, agronomía, riego, zootecnia, turismo y estudios de conocimiento de la variabilidad y frecuencia de los fenómenos meteorológicos extremos. Es por ello que diversas dependencias e instituciones hacen uso de esta información y es necesario que los datos que se generen sean los más representativos de la región (Vilchis Frances, 2007).

La estrategia operacional a ser utilizada para el rediseño de las redes hidroclimatológicas de México fue definido en agosto de 1998 para una encomienda de la OMM la cual se conformó de dos Fases. Fase I: visita de consultores de la OMM a las cuencas a ser estudiadas a fin de realizar un diagnóstico de las redes hidroclimatológicas existentes; Fase II: validación de las propuestas preliminares, en conjunto con los principales usuarios de los datos, a nivel cada Gerencia Regional y estatal involucrada, por medio de la organización de talleres.

En el marco del Acuerdo de Cooperación Institucional suscrito en septiembre de 2005 entre la OMM y la CONAGUA- PREMIA (Proyecto de Fortalecimiento del Manejo Integrado del Agua en México) y del Programa de Cooperación para los Servicios Meteorológicos Iberoamericanos, la CONAGUA solicitó el apoyo y asistencia técnica de la OMM para la realización de un diagnóstico institucional del Servicio Meteorológico Nacional de México (SMNM) y diseño de un plan estratégico de desarrollo para su fortalecimiento y modernización. Asimismo dentro del proyecto PREMIA en el año 2010 se realizó el informe denominado "Actualización del rediseño de redes hidroclimatológicas en la Región Hidrológica 24 Río Bravo" elaborado por un consultor de la OMM.



1.2 Objetivo del estudio

Realizar una revisión a nivel diagnóstico del estado que guarda la eficiencia de las estaciones hidrométricas y climatológicas ubicadas en la subregión “Seis Tributarios”, la cual está comprendida por las cuencas del Arroyo Las Vacas, Río San Diego, Río San Rodrigo, Río Escondido, Río Salado y la cuenca del Río Conchos; ubicadas en la Región hidrológica No. 24 Río Bravo-Conchos, en el Noreste de México.



2 SISTEMAS DE MEDICIÓN

El agua es la sustancia más abundante en la Tierra, es el principal constituyente de todos los seres vivos y es una fuerza importante que constantemente está cambiando la superficie terrestre. También es un factor clave en la climatización de nuestro planeta para la existencia humana y en la influencia en el progreso de la civilización. La hidrología, que cubre todas las fases del agua en la Tierra, es una materia de gran importancia para el ser humano y su ambiente. Aplicaciones prácticas de la hidrología se encuentran en labores tales como diseño y operación de estructuras hidráulicas, abastecimiento de agua, tratamiento y disposición de aguas residuales, irrigación. Drenaje, generación hidroeléctrica, control de inundaciones, navegación, erosión y control de sedimentos, control de salinidad, disminución de la contaminación, uso recreacional del agua y protección de la vida terrestre y acuática. El papel de la hidrología aplicada es ayudar a analizar los problemas relacionados con estas labores y proveer una guía para el planeamiento y el manejo de los recursos hidráulicos (Chow, et al., 1994).

De lo anterior, se deduce la importancia de las mediciones tanto de la precipitación como de los escurrimientos superficiales, así como de otros factores dentro del ciclo hidrológico tales como la evaporación, temperatura, velocidad y dirección del viento, radiación solar, humedad, presión barométrica, etc.

El presente estudio se enfoca a las mediciones de precipitación y escurrimientos superficiales.

2.1 Precipitación

La precipitación es el agua que recibe la superficie terrestre en cualquier estado físico, proveniente de la atmósfera; es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua.

Los dispositivos empleados en la medición de la precipitación, son los pluviómetros y los pluviógrafos, aunque los más comúnmente utilizados son los pluviómetros, los cuales registran la altura de la lámina de agua. Se registra la altura que se presentaría en la capa de agua al depositarse sobre el suelo, si ésta no se infiltrara ni evaporara por efecto del calor escurrimiento superficial.



El pluviómetro consta de un depósito cilíndrico en el que, visualmente, se hace la medición de la cantidad de lluvia caída mediante una regla graduada. Este recibe el agua captada por un embudo receptor. El material de este dispositivo es lámina galvanizada que a su vez se debe resguardar mediante una caja de madera la cual, servirá como abrigo térmico evitando así, el calentamiento del contenedor del pluviómetro y por consiguiente el calentamiento del agua y la evaporación de la misma. La figura 2.1 muestra la imagen de un pluviómetro.

Por otro lado, los pluviógrafos se encuentran de dos tipos, el primero es de cilindro registrador que consta de un depósito en el cual se encuentra un flotador con una plumilla. A medida que el agua aumenta su nivel en el depósito, el flotador sube y con ello la plumilla hace su registro en el cilindro con papel registrador. Una vez que alcanza su máximo nivel, el depósito se vacía y se inicia de nuevo la medición. El registro obtenido es una curva a manera de zigzag para lo cual solo se consideran las curvas ascendentes para la lectura de la lluvia. La figura 2.2 muestra un esquema general de este tipo de pluviógrafo.

El segundo, es de un mecanismo de cubos de iguales dimensiones que señalizan el volumen de precipitación obtenido mediante una acción de cambio mediante un giro a partir de un pivote. El giro del mecanismo de cubeta, es provocado por el peso de precipitación acumulada y con lo cual el cubo es vaciado de la lluvia recolectada y pone al otro en posición para continuar el recolección (León Mendez, et al., 2013). La figura 2.3 muestra el esquema del pluviógrafo de cubetas.



Figura 2.1 Pluviómetro convencional.

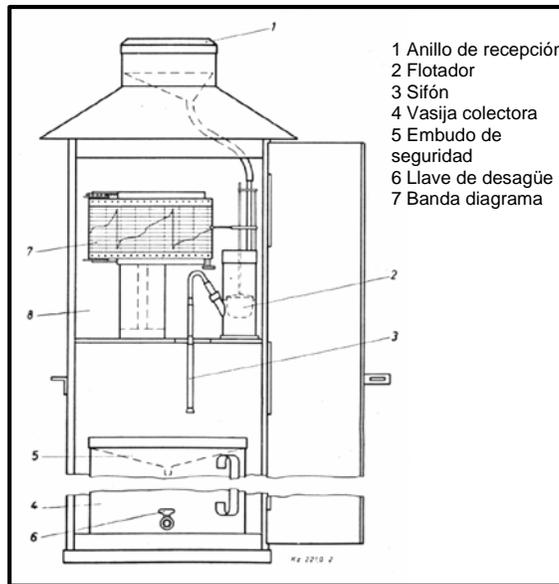


Figura 2.2 Pluviógrafo de cilindro registrador.

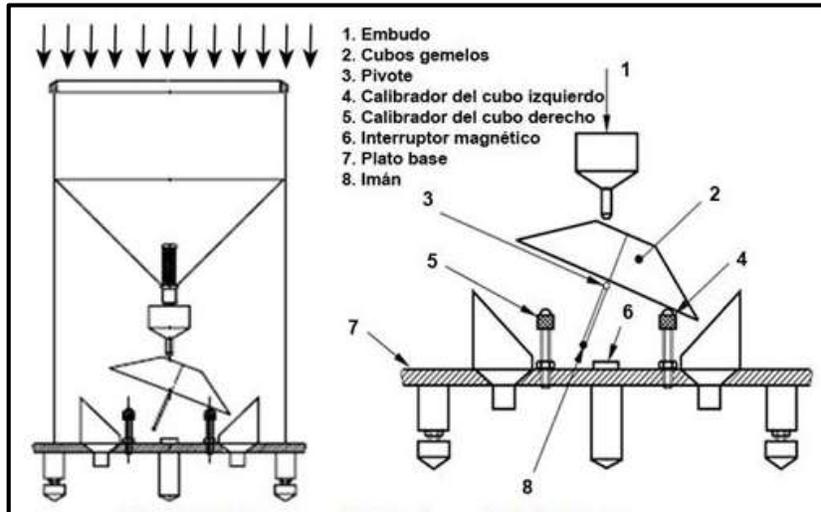


Figura 2.3 Pluviógrafo de cubetas o balanza (León Mendez, et al., 2013).



En la tabla 2.1, se presenta una comparativa de los pluviómetros convencionales, pluviógrafos y pluviógrafos automatizados con transmisión de datos.

Tabla 2.1 Comparativa de aparatos de medición de precipitación.

| Pluviógrafos | Pluviómetros | Pluviógrafos automatizados |
|--|---|--|
| Muestra la estructura del fenómeno, así como la distribución en función del tiempo, intensidad, etc. | Arrojan cantidades totales de precipitación. | Arrojan cantidades de precipitación a cada cierto tiempo programable (lapso de 10 minutos generalmente). |
| Los datos se van graficando automáticamente en el registro del pluviógrafo. Recolectándolos cada cierto tiempo para su almacenamiento. | Los datos se recolectan y guardan por el personal a cargo. Regularmente en un diario asignado a la estación. | Reporta en tiempo real mediante: diferentes sistemas satelitales y enlaces de microondas, todo esto en instalaciones con electricidad y líneas de comunicación. O también con paneles solares y telefonía celular en el caso de ser inalámbricas. Indeterminadamente, también se pueden guardar los datos para posterior recolección y almacenamiento. |
| Los lapsos de muestreo son definidos según la capacidad del pluviógrafo. | El lapso de muestreo es definido para tener menor variabilidad, y este depende del personal asignado. (Regularmente, una vez al día). | Los "datalogger" programables, miden los sensores, procesan, almacenan y transmiten los datos en un amplio rango de temperatura de funcionamiento (esencial para lugares extremos). Los intervalos de muestreo y almacenamiento se programan independientemente según las necesidades de la estación, recolectando cada conjunto de datos. |



2.2 Escurrimientos superficiales o flujo fluvial

El escurrimiento es la parte de la precipitación la cual, fluye por gravedad por la superficie del suelo así como, por el interior del mismo y posteriormente se puede observar en las corrientes ya sean perennes, intermitentes o efímeras, y que regresa al mar o a los cuerpos de agua interior (Campos Aranda, 1998). Por lo que, para tener un conocimiento más amplio de estos, es necesario el estudio de las corrientes naturales.

Para conocer el régimen de una corriente se llevan a cabo observaciones sistemáticas en lugares específicos llamados estaciones de aforo (CONAGUA, 1993). Éstas son colocadas en una sección del escurrimiento donde se pueda garantizar que no se verá afectado ya sea, por proceso de sedimentación o por socavación. En su caso, puede ser modificada la sección transversal del sitio ya sea mediante la colocación de obras hidráulicas, como vertedores o inclusive la colocación de un revestimiento de concreto.

Los métodos que se utilizan para estas mediciones, se pueden clasificar como sigue:

- a) Área-Velocidad: están basados en la determinación del área de la sección transversal del escurrimiento en un punto y la medición de la velocidad en la misma sección.
- b) Carga-Gasto: mediante la construcción de estructuras artificiales como canaletas Parshall o vertedores.
- c) Dilución con trazadores: mediante la dilución de químicos, radiactivos o fluorescentes.
- d) Pendiente-Área: mediante el uso de la ecuación de Chezy-Manning.

Los métodos más comúnmente usados son los basados en área-velocidad y carga-gasto. Para la determinación de la velocidad, los aparatos más usados son los molinetes hidráulicos ya sea mecánico o electrónico; sin embargo, también se usan los medidores ultrasónicos ya sea de tiempo de travesía o efecto Doppler (Pedroza González & Hinojosa Cuéllar, 2014).

2.2.1 Selección de sitios para aforos

Para la selección de un sitio donde será colocada una estación de aforo, se debe determinar la utilidad que se le dará a la información que se recabará en ésta, la cual, puede ser desde el vertido de embalses, estudio de crecidas, estiajes, etc. Una vez



identificado la utilidad, de manera general, se ubican los posibles sitios donde podrá ser localizada la estación.

Particularmente, la estación de aforos debe ser colocada a una distancia que se localice lo suficientemente lejos aguas abajo del afluente superior, de manera que el flujo pueda establecerse uniformemente a través de toda la anchura del cauce en el tramo donde se colocara la estación. De igual forma, debe estar a la distancia suficiente aguas arriba de la confluencia inferior del cauce para evitar el efecto de remanso (OMM, 2010).

El lugar a seleccionar debe cumplir los siguientes criterios, varios de estos se definen en la norma ISO 1100-1:

- a. El curso general del cauce es recto aproximadamente 10 veces el ancho del tramo, hacia aguas arriba y aguas abajo de la estación de aforo si el control es un tramo de río. Aguas debajo de la sección aforo, las condiciones deben ser adecuadas para que la sección de control no se ahogue.
El agua que entra en la sección de control debe tener una velocidad baja;
- b. El flujo total se limita a la sección transversal en todos los tirantes y no pasa por el sitio como flujo sub-superficial.
- c. El flujo base está relativamente libre de vegetación acuática.
- d. Los hombros de la sección de aforos son permanentes, y estarán lo suficientemente alto como para contener las inundaciones, y mantenerse libres de maleza.
- e. Si un control natural no está disponible, entonces las condiciones del canal deben permitir la construcción de un control artificial como un vertedero o aforador.
- f. La sensibilidad de la sección de control debe ser tal que cualquier cambio significativo en la descarga debe resultar en un cambio medible en el tirante.
- g. La estación de aforo está a una distancia suficiente, aguas arriba de la confluencia con otra corriente o del efecto de remanso para evitar la influencia que pueden tener en la estación de aforo la variable de la otra corriente o del remanso.
- h. Un alcance satisfactorio para la medición del flujo en todos los tirantes está disponible dentro de una distancia razonable de la estación de aforo.
- i. El sitio es fácilmente accesible para facilitar la instalación y el funcionamiento de la estación de aforo.
- j. El alcance de un sistema de telemetría deberá ser el adecuado.



- k. Las condiciones de medición de caudal, deben ser adecuadas en todos los tirantes.
- l. Instrumentos, refugio y vivienda deben estar por encima de todos los niveles de inundación. Los sensores contarán con un rango para medir las inundaciones y la sequía.

Una vez determinado el lugar donde se colocará la estación de aforo, se determina el tipo de medición que se llevará a cabo. Para cauces con flujo bajo, normalmente son hechas por vadeo. Para los caudales que no pueden ser medidos por vadeo de forma segura, la medición se opera desde un puente, un sistema de cable y canastilla, o lancha. Naturalmente lo más económico es utilizar un puente existente para ese propósito, sin embargo, en ausencia de este, o si la sección de medición en un puente no es viable, se deberá seleccionar un sitio adecuado para la construcción de un sistema de cable y canastilla. De igual forma, si la construcción de este sistema no es factible debido a la excesiva anchura del cauce, las mediciones pueden ser hechas en bote.

La superficie de la sección transversal de la corriente, como su velocidad, varían con la altura de agua, por lo cual, una vez conocida esa relación, pueden obtenerse los caudales por medio de las alturas de agua registradas en escalas colocadas en forma apropiada. De allí la importancia de relacionar la altura del agua con el caudal, ya que resulta más práctico y rápido medir la primera que el segundo. Esta relación periódicamente debe ser revisada y, si es necesario, actualizada.

En la figura 2.4 se muestra un esquema de aforo de corrientes. En este se presenta algunos de los tipos de aforos que se pueden realizar como los son una caseta de limnógrafo en el que se registran los niveles del cauce en el cilindro registrador, otro es con las escalas localizadas en una de las márgenes y la otra es un puente mediante la utilización de un molinete hidráulico para la determinación de la velocidad.

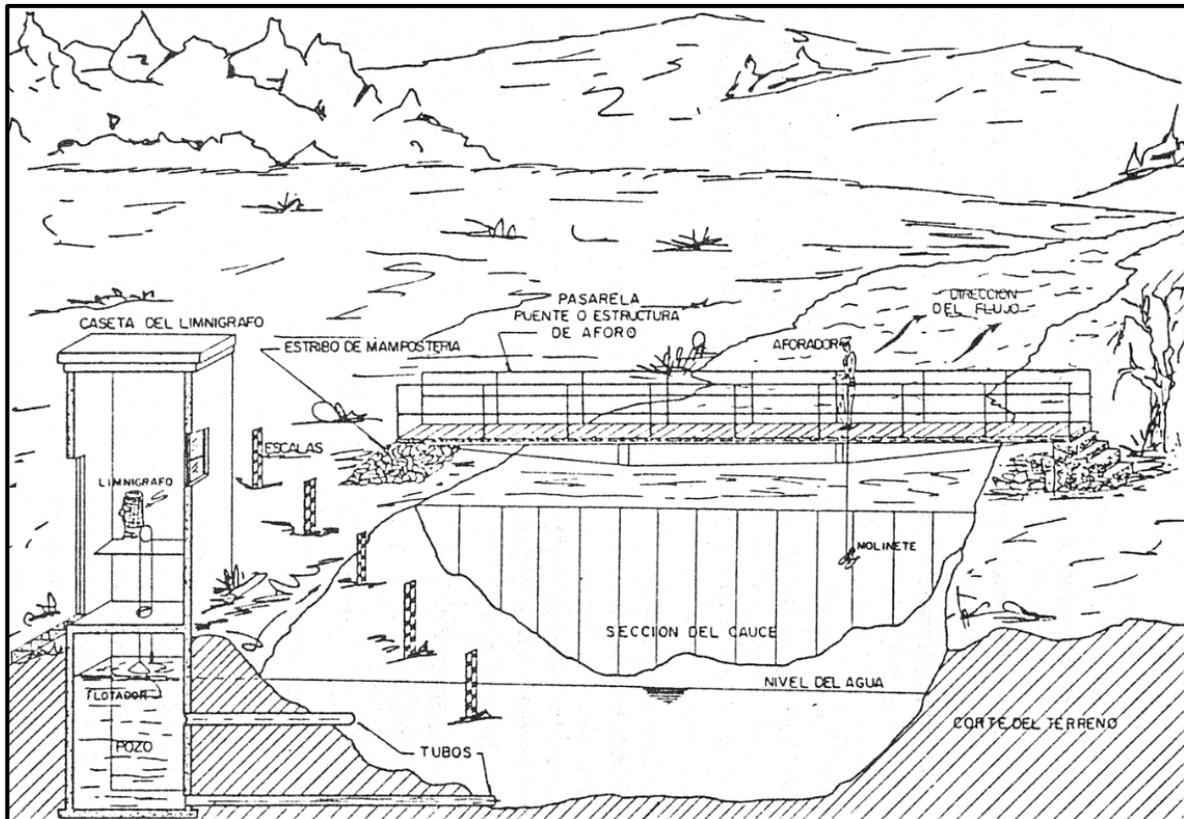


Figura 2.4 Esquema de aforo de corrientes (CONAGUA, 1993).



2.3 Automatización

Actualmente, la automatización para la transmisión de datos de las estaciones de aforos hidroclimatológicos en tiempo real es más común. Lo anterior, dada la importancia de contar con este tipo de información de forma actualizada para llevar a cabo las simulaciones de los posibles escenarios que se presentarían ante inundaciones. Sin embargo, es importante hacer mención que los datos en tiempo real se consideran como información preliminar que posteriormente debe ser sometida a una revisión y validación.

La automatización de estaciones de aforo se lleva a cabo mediante la colocación de dispositivos electrónicos llamados registrador de datos (datalogger) el cual, captura los datos que son leídos a través de una diversidad de sensores que puede ser para la lectura de precipitación, presión, humedad, nivel del agua, entre otros. La colocación de los sensores dependerá de los objetivos de la estación de aforo. Posteriormente, la información capturada por el datalogger, es transmitida hacia el centro de acopio u operador mediante ondas de radio, teléfono, satélite, etc.

En México, la transmisión de datos de las estaciones automáticas se hace desde 1999, a través del Satélite Geoestacionario Operacional Ambiental (GOES por sus siglas en inglés).

El mercado actual de datalogger es muy amplio, existen desde aparatos que sólo se puede obtener la información mediante una computadora hasta los que cuentan con una pantalla para observar los datos. Entre las marcas disponibles de estos dispositivos se encuentran las siguientes:

- Waterlog;
- Vaisala;
- Campbell Scientific;
- Measurement computing;
- Seba Hydrometrie.

De los datalogger disponibles en el mercado, a continuación en la tabla 2.2, se hace una presentación de algunos de ellos donde se pueden apreciar de acuerdo con el modelo y marca, algunas de las características, especificaciones y sensores compatibles.

Tabla 2.2 Datalogger disponibles.

| MODELO | MARCA | CARACTERÍSTICAS | FUENTES | ESPECIFICACIONES | SENSORES COMPATIBLES | SOFTWARE COMPATIBLE |
|------------------|------------------------|---|--|--|---|--|
| CR-200X | CAMPBELL SCIENTIFIC | Poco consumo, bajo costo, adecuado para señales de pocos sensores | 2 canales contadores de pulsos, 5 canales analógicos de entrada simple, 2 puentes digitales I/O, puerto RS-232 y dos canales de excitación en voltaje. | <ul style="list-style-type: none"> • Velocidad muestreo máx.: 1 Hz • Canales analógicos: 5 single-ended (no diferenciales), configurables individualmente • Canales contadores de pulsos: 2 • Canales excitación: 2 voltaje • Puertos digitales: 2 I/O • Puerto comunicaciones: 1 RS-232 • Puerto "switched battery" • Rango voltaje entrada: 0 a 2500mV • Precisión medida voltaje @ -40° a +50°C: $\pm(0.25\% \text{ de lectura} + (1.2 \text{ mV}) \times (\text{offset}))$ • Resolución medida voltaje: 0.6mV • Bits conversor A/D: 12, • Temperatura funcionamiento: -40° a 50° C • Memoria: hasta 19.6 kB (programa compilado), 512 kB (almacenamiento), 106 kB (sistema operativo), • Alimentación eléctrica: 7 a 16Vdc • Consumo: -0.2mA reposo, ~ 3mA activo • Dimensiones: 14.0 x 7.6 x 4.8 cm • Peso: 242g Protocolos soportados: PakBus (solo modo "leaf node"), SDI-12 | <ul style="list-style-type: none"> • Precipitación • Humedad • Relativa • Contenido de agua en el suelo • Radiación solar • Temperatura • Nivel de agua • Calidad en el agua • Viento. | <ul style="list-style-type: none"> • Short Cut • PC200W • PC400 (version 1.0 o sup.) • Logger Net (version 3.0 o sup.) • Pconnect (version 3.0 o sup.) • Pconnect CE (version 2.0 o sup.) • Visual Weather (version 2.0 o sup.) |
| CR-800 | CAMPBELL SCIENTIFIC | Funcionamiento autónomo en entornos difíciles y remotos, destinado a configuraciones pequeñas, múltiples CR-800s pueden configurarse como una red | Entradas analógicas: 6 terminación única o 3 diferencial configurado individualmente, 2 Contadores de Impulsos, 2 Canales de excitación conmutadas, 4 puertos E/S o 2 RS-232, 1 puerto CSI/O, 1 RS-232 | <ul style="list-style-type: none"> • Tasa Máxima de escaneo: 100 Hz • Entradas analógicas: 6 terminación única o 3 diferencial configurado individualmente • 2 Contadores de impulso • 2 Canales de excitación conmutadas • Puertos Digitales 1: 4 E / S o 2 RS-232 COM 2 • Comunicaciones • Puertos: 1 CS I / O, 1 RS-232 • 1 Conmutada de 12 voltios • Rango de voltaje de entrada: $\pm 5 \text{ Vcc}$, • Analógico Precisión • Voltaje: $\pm(0.06\% \text{ de la lectura} + \text{offset})$, 0° a 40°C • Resolución analógica: 0,33 mV, A / D: 13 bits • Requisitos de energía: 9,6 a 16 Vdc • Dimensiones: 24,1x10,4x5,1 cm(9,5"x 4,1" x2 ") • Peso: 0,7 kg (1,5 libras) • Rangos de temperatura; Estándar: -25 ° a + 50 ° C, Superior: -55 ° a + 85 ° C, • Sistema operativo: 2 MB Flash • Uso de la CPU, almacenamiento de programa y almacenamiento de datos: 4 MB Consumo de corriente; Modo de espera: 0.7 mA típico; 0,9 mA máxima, Activo (w / o RS-232 de comunicación): 1 a 16 mA típico 28 | <ul style="list-style-type: none"> • Con varios tipos de canales • El CR-800 es compatible con casi todos los sensores disponibles incluyendo • termopares, • sensores SDI-12 • de 4 a 20 sensores mA. • Un chip ASIC amplía su contador de pulsos • Puerto de control Capacidades de comunicaciones en serie | <ul style="list-style-type: none"> • PC200W • PC400 (versión 1.4 o superior) • LoggerNet (versión 3.3 o superior) • RTDAQ • PConnect (versión 3.3 o superior) • PConnectCE (versión 2.2 o superior) • Visual Weather (versión 2.0 superior) |
| USB 1608G Series | MEASUREME NT COMPUTING | Poco consumo, bajo costo, alta velocidad, analógico y digital I/O USB, ofrecen hasta 8 o 16 entradas analógicas, hasta 8 canales E/S y una salida de temporizador | 8 diferenciales (DIFF) o 16 singleended, Hasta 2 salidas analógicas 8 líneas digitales de E / S Dos canales de entrada contador de 32 bits Un canal de salida del temporizado, ispositivos de alta velocidad USB de 16 bits Las tasas de adquisición que | A / D Convertidor: aproximación sucesiva Resolución ADC: 16 bits Número de canales: 8 DIFF, 16 SE; Rango de voltaje de entrada: $\pm 10 \text{ V}$, $\pm 5 \text{ V}$, $\pm 2 \text{ V}$, $\pm 1 \text{ V}$; software-seleccionable por canal Absoluta Voltaje de entrada máxima CHx relativa a AGND: $\pm 25 \text{ V max}$ (alimentación); $\pm 15 \text{ V max}$ (apagado) Impedancia de entrada: 1 G Ω (encendido); 820 Ω (apagado) Corriente de polarización de entrada: $\pm 10 \text{ nA}$ Ancho de banda de entrada Todos los rangos de entrada, de pequeña señal (-3 dB) USB-1608G: 750 kHz USB-1608GX / 1608GX-2AO: 870 kHz Capacitancia de entrada: 60 pf | El USB 1608G Series dispone de diversos tipos de canales de entrada, siendo compatible con casi todos los sensores | Software incluido para TracerDAQ® la adquisición y visualización de datos y señales de generación • Biblioteca universal incluye soporte para Visual Studio y Visual Studio®.NET, Incluyendo ejemplos para Visual C ++®, Visual C #®, |



| MODELO | MARCA | CARACTERÍSTICAS | FUENTES | ESPECIFICACIONES | SENSORES COMPATIBLES | SOFTWARE COMPATIBLE | |
|-----------------|------------------------|--|--|--|--|--|---|
| | | | van desde 250 kS / s a 500 kS / s | Tensión de trabajo máxima (modo común + Señal): $\pm 10,2$ V máximo en relación con AGND Porcentaje de rechazo de modo común $f_{IN} = 60$ Hz, Ranges Todo Entrada: 86 dB Crosstalk Adyacentes Canales modo diferencial, CC a 100 kHz: -75 dB Acoplamiento de entrada: DC Frecuencia de muestreo (Software-Seleccionable) USB-1608G: 0,0149 Hz a 250 kHz USB-1608GX / 1608GX-2AO: 0,0149 Hz a 500 kHz Gatillo Fuente: DISP (consulte la sección de disparo externo) Muestra Reloj Fuente: Interna Un reloj / D o un reloj A / D externa (terminal AICKI) Modo Ráfaga: Software seleccionable mediante el reloj interno A / D; siempre habilitado cuando se utiliza el reloj externo (terminal AICKI) USB-1608G: 4 μ s USB-1608GX / 1608GX-2AO: 2 μ s Rendimiento Software ritmo personal: 33-4000 S / s típico, depende del sistema Hardware a ritmo USB-1608G: 250 kS / s max USB-1608GX / 1608GX-2AO: 500 kS / s max Canal Ganancia Cola: Hasta 16 elementos; gama software-seleccionable para cada canal Tiempo de calentamiento: 15 minutos min | | | Visual Basic, y Visual Basic .NET • Marco software DAQFlexopen de código; compatible con Windows® 7 / Vista® / XP SP2 de 32 bits o 64 bits, Linux® y Mac® plataformas • Comprehen sivedrivers para DASyLab® y NI LabVIEW™ • InstaCal softwareutilityfor instalar, calibración y pruebas • Sistemas operativos compatibles: Windows® 7 / Vista® / XPSP2, 32-bit o 64-bit; Linux® y Mac® |
| USB 1208 Series | MEASUREME NT COMPUTING | Bajo costo, analógico basado en PC y dispositivos digitales de E / S disponibles en alta velocidad USB (USB - 1208HS Serie), a toda velocidad (USB - 1208FS / 1408FS) y de baja velocidad Modelos (USB - 1208LS). Todos estos módulos ofrecer hasta cuatro u ocho DIFF analógico SE insumos , hasta 16 canales de E / S digitales y hasta dos entradas de contador | 4 diferencial (DIFF) u 8 de una sola terminal (SE) entradas analógicas (seleccionable por software) • Hasta 4 salidas analógicas • Líneas de 16 E / S digitales • Hasta dos entrada del contador de 32 bits canales • Una salida con temporizador en la USB - 1208HS módulos de la Serie | Temperatura de funcionamiento: 0 ° C a 70 ° C Temperatura de almacenamiento: -40 ° C a 70 ° C Humedad relativa: de 0% a 90% sin condensación Comunicaciones USB-1208LS: USB 1.1 modo de baja velocidad (1,5 Mbps) USB-1208FS / 1408FS: modo USB 2.0 de velocidad completa 12 Mbps) Datos Buffer Adquisición (Sólo USB-1208LS): 4 kS E / S Conector Señal E: 2 bancos de bloques de tornillo-terminal Dimensiones (L x W x H): 127 x 88.9 x 35.56 mm (5,0 x 3,5 x 1,4 in) A / D Convertidor: aproximación sucesiva Canales: 8 SE o 4 DIFF, programables como SE o DIFF Entrada en modo común Rango de voltaje de operación lineal De composición individual de modo: CHx a GND, ± 10 V max Modo DIFF: CHx a GND, -10 V min, 20 V max Absoluta Voltaje de entrada máxima USB-1208LS: CHx a GND, ± 40 V max USB-1208FS / 1408FS: CHx a GND, ± 28 V max Impedancia de entrada: 122 kW | El USB 1208 Series dispone de diversos tipos de canales de entrada, siendo compatible con casi todos los sensores | Incluido con el USB-1208 Series y módulos USB-1408FS es TracerDAQ, una aplicación fuera de la caja que permite que los datos que se generen, adquirido, analizar, visualizar y exportar los pocos segundos de la instalación de Measurement Computing hardware adquisición de datos. TracerDAQ Incluye una Tabla de Gaza, osciloscopio, generador de funciones | |
| DL-200D | TROTEC | flexible combinación de la pantalla de datos en tiempo real, el registro de larga duración y la protocolización de todos los valores medidos también en funcionamiento en red el DL200D | Registro de datos y documentación a prueba de manipulaciones Óptimo para mediciones de larga duración Memoria para hasta 3.200.000 valores de medición | Principio de medición NTC Rango de medición [°C] -20 - 50 Precisión [°C] $\pm 0,3$ (0 - 40), de otra manera 0,5 Resolución de pantalla [°C] 0,1 Principio de medición capacitiva Rango de medición [% h.R.] 10 - 95 Precisión [% h.r.] ± 2 Resolución de pantalla [% h.r.] 0,5 Intervalo de exploración 10/30s, 1/10/12/15/30 min, 1/3/6/12/24h Intervalo de almacenamiento 1/10/12/15/30, | Temperatura del aire [°C] Humedad relativa del aire [%] Humedad absoluta del aire [g/m³] Temperatura del punto de rocío [°C] Presión relativa del aire [hPa] Presión absoluta | Software MultiMeasure estudio PRO El primer software totalmente desarrollado sólo para el análisis profesional TROTEC para analizar los datos del | |

| MODELO | MARCA | CARACTERÍSTICAS | FUENTES | ESPECIFICACIONES | SENSORES COMPATIBLES | SOFTWARE COMPATIBLE |
|---------|----------|---|--|--|--|--|
| | | es, especialmente en laboratorios de calibración, un colector de datos perfecto y un útil imprescindible para todas las medidas de precisión. | Registro paralelo de hasta 20 canales de medición separados Función de red Bajo consumo de energía Alimentación eléctrica flexible por batería o USB – opcional con PoE también por medio de LAN Función de temporizador, intervalos de medición variables, función de alarma para cada canal de medición LCD de tres líneas para la muestra de los valores medidos | 1/3/6/12/24 h Memoria de datos 16 MB, 3.200.000 mediciones Registro de datos paralelo hasta 20 canales de medición Canales de medición disponibles 32 Grupos de canales disponibles 8 Peso [kg] 0,250 Longitud [mm] 166 Ancho [mm] 32 Altura [mm] 78 | del aire [hPa] Concentración CO ₂ [ppm] Temperatura superficial [°C] Temperatura del material [°C] [°F] Humedad de madera [dígitos] Humedad de construcción (dígitos) Velocidad de corriente [m/s] Relación de mezcla [aire seco en g/kg] Concentración de partículas Inactivo Temperatura límite de enfriamiento [°C] Radiación global [W/m ²] Luz natural Pluviosidad [l/m ²] Velocidad del viento [m/s] Dirección del viento Humedad del suelo Humedad de las hojas | indicador multifuncional T3000, el DL200 Registrador de Datos en serie y para el dispositivo DA 4. |
| DL 4000 | Vaisala | <ul style="list-style-type: none"> Elimina el costo de alimentación de CA cableado a cada monitoreado punto. Los registradores de datos se pueden instalar donde un cable LAN puede recorrer. Aumento de la protección de comunicación de datos de corte de energía porque UPS de la sala de servidores pueden proporcionar energía de reserva. Plug and conectividad Jugar al utilizar la función viewLinc Awar. | Electromagnetic Compatibility FCC Part 15 and CE EN 55022:2006 EN 61000-4-2:2001 EN 61000-4-3:2006 Power Source Internal 10-year lithium battery (Battery life specified with sample interval of 1 min. or longer) | <ul style="list-style-type: none"> Tamaño: 85 x 59 x 26 mm (3.4 x 2.3 x 1") 76 g (2.7 oz) Interfaz: RS-232 serial, USB, Wifi module. Tipo de memoria: Non-volatile EEROM Rangos de operacion: -25 °C to 70 °C (-13 °F to 158 °F), 0 to 90 %RH non-condensing and not to exceed a mixing ratio of 38.5 g/kg Storage: -40 °C to 85 °C (-40 °F to 185 °F) Power Consumption CDL-VNET-P & CDL-VNET-LP 625 mW typical, 700 mW max CDL-VNET-PC & CDL-VNET-LPC 900 mW typical, 1.35 W max Power Supply (Included but not required when using PoE) North America: 12 VDC/0.5 A max out, 120 VAC in International: 12 VDC/1.66A max out,100-240 VAC in Power Input: (Optional for use without PoE) 12-30 VDC, plugs into vNet jack labled 12 V Power Output: CDL-VNET-P & CDL-VNET-LP Not availableCDL-VNET-PC & CDL-VNET-LPC 15 VDC nominal, 350 mW max. | | |
| H-5000 | WaterLOG | <ul style="list-style-type: none"> 5.7 pantalla "1/4 VGA a color TFT con retroiluminación LED y pantalla táctil Interfaz gráfica de usuario con menús de ayuda incorporados Puerto Ethernet para el acceso remoto Expansión Modular Push-to-lea botón (ver datos sin necesidad de abrir | <ul style="list-style-type: none"> 4 canales analógicos de entrada simple y 2 diferenciales 4 puestos digitales I/O canal de excitacion de voltaje para +5.0 Volt y +12.0 Volt puertos RS-232, SDI-12 y SDI-12. | <ul style="list-style-type: none"> Memoria:1 GB, expandible. 2 Puerto USB 2.0 y 1 dispositivo Mini-B Conector USB-A. Ethernet RJ-45 10 / 100Bast-T, IEEE 802.3 Satélite:Alta velocidad de datos del GOES / METEOSAT / INSAT radio con GPS incorporado (H-2221). * Vea el folleto H-2221-V2 para las especificaciones del transmisor de satélite Voltaje de entrada 10,0 a 16,0 Corriente: Espera: 6 mA típico; Activo, pantalla apagada: 80 mA típico; Active la pantalla: 230 mA típica Actual con satélite Interna Stadby, GPS apagado: 12 mA típico; Espera , GPS en: 39 mA típico; Activo, que transmite: 3 Conector Plug-in de bloque de terminales 3 slots de expansión | | |



| MODELO | MARCA | CARACTERÍSTICAS | FUENTES | ESPECIFICACIONES | SENSORES COMPATIBLES | SOFTWARE COMPATIBLE |
|--------|-------|--|---------|---|----------------------|---------------------|
| | | la tapa) • Programación a través de intérprete de BASIC • Dos puertos (2) SDI-12 | | • Temperatura de funcionamiento y almacenamiento: -40 ° a 60 ° C. • Humedad 100% sin condensación. • Tamaño: H5000/500+, 10.5 pulg. De ancho x 9 pulg. De alto x 6,3 pulg. De profundidad 5000-S, 8,5 pulg. De ancho x 7 pulg. De alto x 4,3 en profundidad. • Peso: 5000/500+, 5,75 libras (2,6 kg) 5000-S, 4,3 libras (2 kg). • Material: Fibra de vidrio | | |

2.4 Tipos de estaciones de medición en la Región Hidrológica 24

En México, se cuenta con diferentes tipos de estaciones dentro de la red hidroclimatológica. Se puede encontrar estaciones climatológicas convencionales y automatizadas (red telemétrica), estaciones meteorológicas automáticas (EMA's), estaciones sinópticas meteorológicas (ESIME's), estaciones de radio sondeo, radares meteorológicos, observatorios meteorológicos de superficie, estaciones hidrométricas convencionales y automatizadas.

2.4.1 Estación climatológica convencional

En este tipo de estaciones se llevan a cabo mediciones de diferentes variables meteorológicas tales como: temperatura, precipitación, evaporación y dirección del viento. Las observaciones son llevadas a cabo mediante lectura directa de los instrumentos, regularmente a las 8:00 am de cada día.

Los aparatos con los que se cuenta en estas estaciones son: termómetro de máxima y mínima, pluviómetro, tanque de evaporación y veleta.

2.4.2 Estaciones Automáticas (Climatológica-Telemétrica y EMA)

Una estación automática se caracteriza por ser un equipo en el cual, la adquisición de los datos de las diferentes variables se lleva a cabo sin necesidad de la presencia de personal. Por tanto, los instrumentos efectúan, almacenan y transmiten las observaciones de forma automática. La frecuencia de toma de datos más común es de 10 minutos.

Estas estaciones recopilan información en tiempo real. Se constituyen de un conjunto de sensores que pueden mezclarse y conectarse con una variedad de aplicaciones, ya sean móviles o fijas, para observaciones meteorológicas de superficie sinóptica y observaciones hidrológicas. Cuentan con el siguiente equipo; termómetro, anemómetro para medir la



velocidad del viento, hidrógrafo para medir la humedad, barómetro para medir la presión atmosférica, un radiógrafo para medir propiedades atmosfera-sol y pluviógrafo.

2.4.3 Estación sinóptica meteorológica (ESIME)

La Estación Sinóptica Meteorológica es, al igual que una estación automática, un conjunto de equipo de adquisición de datos de las diferentes variables, que es llevado a cabo sin necesidad de la presencia de personal. Generan una base de datos y posteriormente un mensaje Sinóptico cada tres horas. Este tipo de estaciones se encuentran ubicadas exclusivamente en los observatorios meteorológicos.

Los mensajes sinópticos son reportes que se generan simultáneamente en cada observatorio cada tres horas y presentan información meteorológica de tiempo presente y pasado de manera codificada. Éstos se rigen por el Tiempo Universal Coordinado (UTC).

2.4.4 Estación de radio sondeo

Los parámetros medidos en este tipo de estaciones son: la temperatura, la humedad y la presión atmosférica. Estas mediciones se hacen mediante el lanzamiento de una radiosonda. Además, se cuenta con equipo terrestre el cual, es un sistema de medida para la tele medición directa de los parámetros atmosféricos.

Así mismo, se utilizan un radió teodolito o radar y se pueden obtener también las variables del viento en altitud. Las radiosondas pueden ser utilizadas para mediciones, con fines especiales, del ozono atmosférico, la radioactividad, el potencial eléctrico de la atmósfera, entre otras.

Los sistemas de radiosondeo se pueden agrupar en tres categorías distintas:

- Sistemas de la capa planetaria para mediciones de rutina dentro del intervalo de altura de 0 a 2,500 metros.
- Sistemas de radiosondeo para toma de muestras de la troposfera y baja estratosfera hasta 30 kilómetros.
- Sistemas de radiosondeo mesosférico, usando cohetes como vehículo, para tomar muestras de las capas atmosféricas entre 30 y 90 kilómetros.
- Las unidades de medida para las observaciones de radiosondeo de rutina, son el Hectopascal (Hpa) para la presión atmosférica, el grado centígrado (°C) para las temperaturas y el tanto por ciento (%) para la humedad relativa. La unidad de



geopotencial es el metro geopotencial (m_{gp}), aunque para efectos prácticos, se considerará al metro geopotencial como la altura expresada en metros.

Los datos leídos por la sonda son rastreados desde la Estación en Tierra con la ayuda de un dispositivo que tiene integradas dos antenas: la antena de recepción de datos y la de posicionamiento de satélites. Los datos llegan en lapsos de dos segundos, pudiéndose con ello obtener información cada 10 metros aproximadamente (SMN, 2015).

2.4.5 Radar meteorológico

El sistema de radar meteorológico es definido como un “Sistema de Radio-determinación basado en la comparación entre señales radioeléctricas reflejadas o retransmitidas desde la posición a determinar”. Las siglas de RADAR provienen de “Radio Detection And Ranging”.

Operan como faros buscadores que bañan de pulsos de energía electromagnética a las tormentas a su alrededor ubicándolas y cuantificándolas a través de la energía que reflejan nuevamente hacia el radar. Desde el punto de vista de evaluar cuantitativamente la lluvia, un radar sin obstáculos orográficos a su alrededor cubriría unos 240 km de radio. Aunque obtener estimaciones cuantitativas confiables requiere detallados estudios de calibración, la ventaja del radar radica en que proporcionan con certidumbre un mapa de la distribución espacial de la lluvia y puede hacer esto con gran frecuencia, alrededor de 10 minutos (Rosengaus M., 1998).

El Radar Meteorológico es empleado para la medición y seguimiento de fenómenos atmosféricos constituidos por agua. La ventaja de contar con un radar meteorológico es la equivalencia al empleo de pluviómetros distribuidos a lo largo de la zona de cobertura del radar, que transmiten la información en tiempo real.

La figura 2.5, muestra la Red de Radares Meteorológicos, en México, la cual está formada por 13 radares, provistos con el sistema Doppler, lo que permite conocer la velocidad y la dirección del objeto. El centro colector de datos para esta red se encuentra ubicado en las instalaciones del Servicio Meteorológico Nacional en la Ciudad de México, en donde se analiza, se procesa y se almacena toda la información (SMN, 2015).

En territorio estadounidense existen diversos radares meteorológicos del “National Weather Service”, los cuales funcionan bajo el mismo sistema Doppler que los radares en México, así como también tienen una radio de alcance de 240 km aproximadamente.

Siendo los más cercanos a la zona de estudio, aunque insuficiente en su alcance, los radares “El Paso” y “Laughlin Air Force Base” (Figura 2.5).



Figura 2.5 Red de Radares Meteorológicos del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2015).

2.4.6 Observatorios meteorológicos de superficie

El observatorio meteorológico se trata básicamente de una estación climatológica convencional, sólo que en este se consideran más variables u observaciones atmosféricas tales como: radiación solar, insolación, visibilidad y el tipo de nubes presentes.



2.5 Conceptos generales de redes hidrológicas

De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial, una red de datos hidrológicos es un conjunto de actividades de recopilación de datos diseñadas y utilizadas para cumplir un único objetivo o un conjunto de objetivos compatibles. Así mismo, una estación o instrumento de medida hidrológica puede formar parte de más de una red si sus datos se utilizan para más de una finalidad. Por tanto, una única red puede constar de varios tipos de estaciones o dispositivos de medición si todos aportan información al objetivo de ésta.

2.5.1 Diseño de una red

Un diseño de red completo debe responder a las preguntas siguientes en lo que se refiere a la recopilación de datos hidrológicos:

- a) ¿cuáles son las variables hidrológicas que hay que observar?
- b) ¿en qué lugar hay que observarlas?
- c) ¿con qué frecuencia hay que observarlas?
- d) ¿cuál es la duración del programa de observación?
- e) ¿cuál deberá ser el grado de exactitud de las observaciones?

Además, se debe realizar un análisis de la red llevando a cabo un examen y rediseño de la red existente, mediante el seguimiento de los pasos de un marco de análisis (figura 2.5).

En las etapas del desarrollo de una red hidrológica, el primer paso deberá consistir en establecer una red mínima. Ésta estará integrada por el número mínimo de estaciones que se sean necesarias para iniciar la planificación del desarrollo económico de los recursos hídricos.

A continuación, en la tabla 2.3 se presenta una serie de valores de densidad mínima. Estos valores son recomendados respecto de diversos tipos de estaciones hidrológicas, además de zonas climáticas y geográficas diferentes (unidades fisiográficas). Éstas, se basan en un estudio efectuado en 1991, realizado con respecto al proyecto de evaluación de redes básicas de la OMM (OMM, 2008).

Sin embargo, es importante mencionar que en el diseño de una red de estaciones, la densidad de población afecta de manera directa.

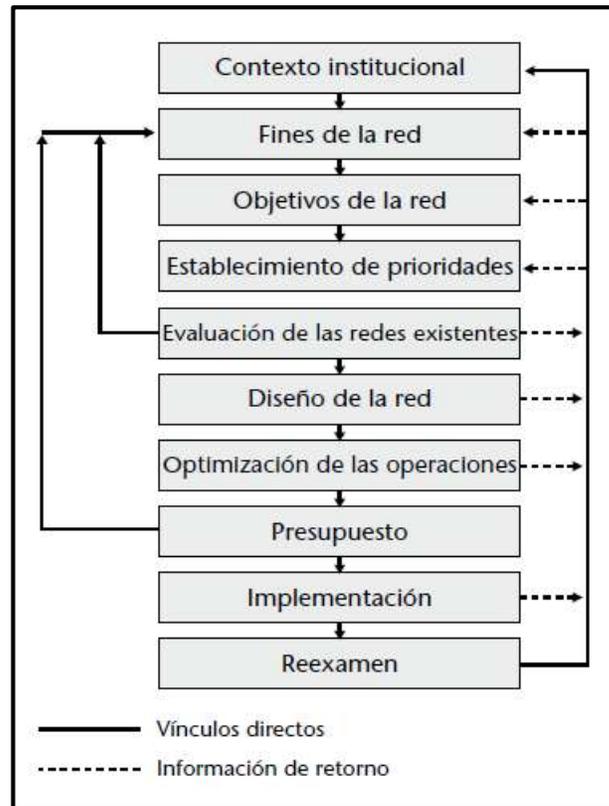


Figura 2.6 Marco de análisis.

Tabla 2.3 Valores de densidad de la red de estaciones mínima, valores en kilómetros cuadrados.

| Unidad Fisiográfica | Precipitación | | Evaporación | Flujo Fluvial | Sedimentos | Calidad del Agua |
|----------------------------|-----------------|--------------|-------------|---------------|------------|------------------|
| | No registradora | Registradora | | | | |
| Costa | 900 | 9000 | 50000 | 2750 | 18300 | 55000 |
| Montaña | 250 | 2500 | 50000 | 1000 | 6700 | 20000 |
| Planicie interior | 575 | 5750 | 5000 | 1875 | 12500 | 37500 |
| Montes/Ondulaciones | 575 | 5750 | 50000 | 1875 | 12500 | 47500 |
| Islas Pequeñas | 25 | 250 | 50000 | 300 | 2000 | 6000 |



| | | | | | | |
|-----------------------|-------|---------|--------|-------|--------|--------|
| Áreas Urbanas | - | 10 a 20 | - | - | - | - |
| Polos/ Tierras áridas | 10000 | 100000 | 100000 | 20000 | 200000 | 200000 |

3 ZONA DE ESTUDIO

La Región Hidrológica No. 24 Bravo-Conchos, se localiza en el Norte de México, haciendo frontera con los Estados Unidos. Corresponde a la cuenca del Río Bravo, el cual, nace en las montañas San Juan en el estado de Colorado en los Estados Unidos con dirección Norte-Sur, cruza el Estado de Nuevo México hasta llegar a colindar, por la margen izquierda, con el Estado de Texas donde a partir de este punto sirve de límite entre Estados Unidos y México hasta su desembocadura en el Golfo de México. En este último trayecto colinda, en el lado Mexicano con los Estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas; por el lado Americano solo colinda con el Estado de Texas.

Las colindancias que presenta la Región Hidrológica No. 24 son: al Norte con los Estados Unidos de América, al Sur con las Regiones Hidrológicas números 35 Mapimí, 36 Nazas-Aguanaval y 37 El Salado; al Este con la Región Hidrológica número 25 San Fernando-Soto la Marina y al Oeste con las Regiones Hidrológicas números 9 Sonora Sur, 10 Sinaloa y 34 Cuencas Cerradas del Norte.

En la figura 3.1, se presenta la ubicación de la región hidrológica No. 24 Bravo-Conchos, dentro del entorno de México.

Esta Región Hidrológica, se encuentra formada por 37 cuencas hidrológicas las cuales, están agrupadas en cuatro subregiones hidrológicas: Alto Bravo, Medio Bravo, Bajo Bravo y Seis Tributarios. La figura 3.2 muestra las subregiones.

El presente estudio, se realizó en 18 cuencas hidrológicas que conforman la subregión hidrológica Seis Tributarios (DOF, 2013). Estas sub-cuencas son las correspondientes al Arroyo Las Vacas, Río San Diego, Río San Rodrigo, Río Escondido, Río Sabinas, Río Nadadores y Río Salado, y por el otro a las sub-cuencas Río Conchos 1, Río Conchos 2, Río Conchos 3, Río Conchos 4, Río Florido 1, Río Florido 2, Río Florido 3, Río Parral, Río San Pedro, Río Balleza y Río Chuviscar.

Cabe hacer mención, que México se ha dividido en 13 regiones hidrológico-administrativas. Éstas se encuentran formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, sus límites respetan los municipales, para

facilitar la administración e integración de la información socioeconómica. La figura No. 3.3, muestra la región hidrológica administrativa No. IV correspondiente al Organismo de cuenca Río Bravo.

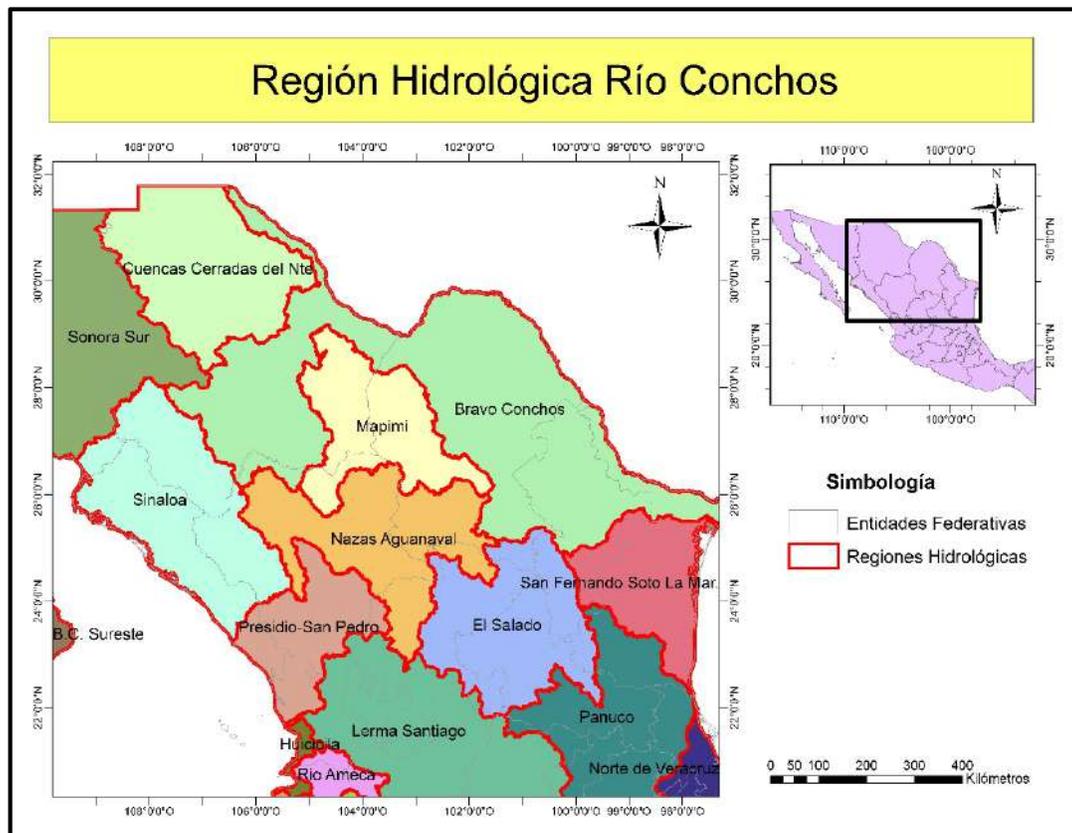


Figura 3.1 Región Hidrológica Bravo-Conchos.

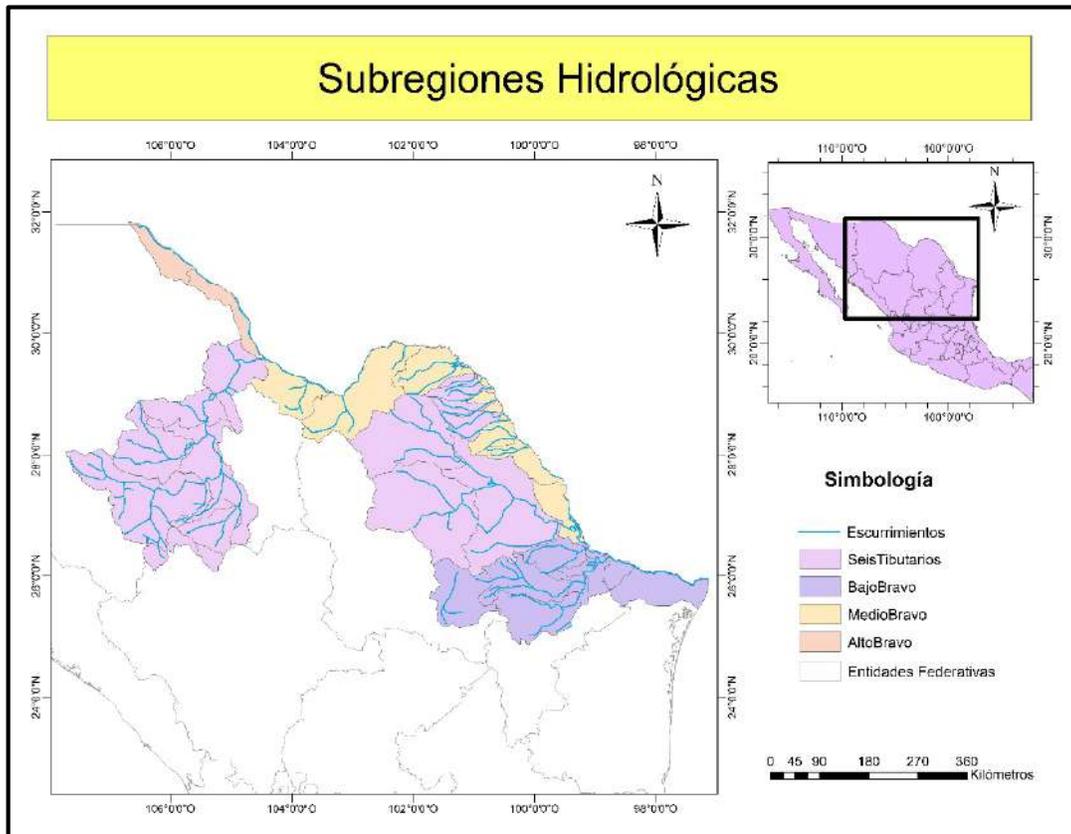


Figura 3.2 Subregiones hidrológicas de la Región hidrológica 24 Bravo-Conchos.

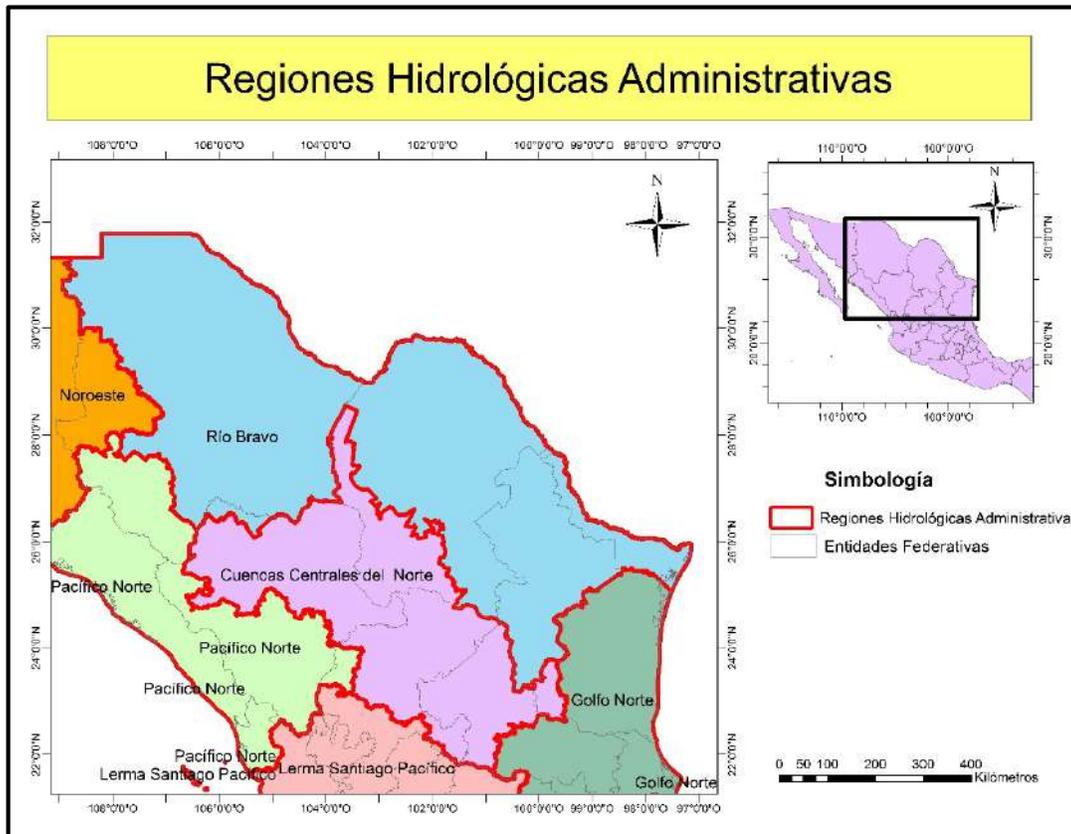


Figura 3.3 Regiones Hidrológicas Administrativas.



3.1 Cinco Tributarios

3.1.1 Arroyo Las Vacas

Esta cuenca es una de las más pequeñas de la Subregión Hidrológica. Drena una extensión de 935 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas Río Bravo 5 y Río Bravo 6, al Sur por la cuenca hidrológica Río San Diego, y al Este por la cuenca hidrológica Río Bravo 7. El cauce principal nace a una elevación de 1000 metros sobre el nivel del mar, aguas arriba del manantial La Vera. Tiene una longitud aproximada de 116.7 kilómetros hasta su desembocadura con el Río Bravo. Sus afluentes principales son el Arroyo El Tecolote, Arroyo El Aborto y antes de su recorrido por Cd. Acuña se alimenta del Arroyo El Cedro. La figura 3.4 muestra la cuenca del Arroyo Las Vacas.

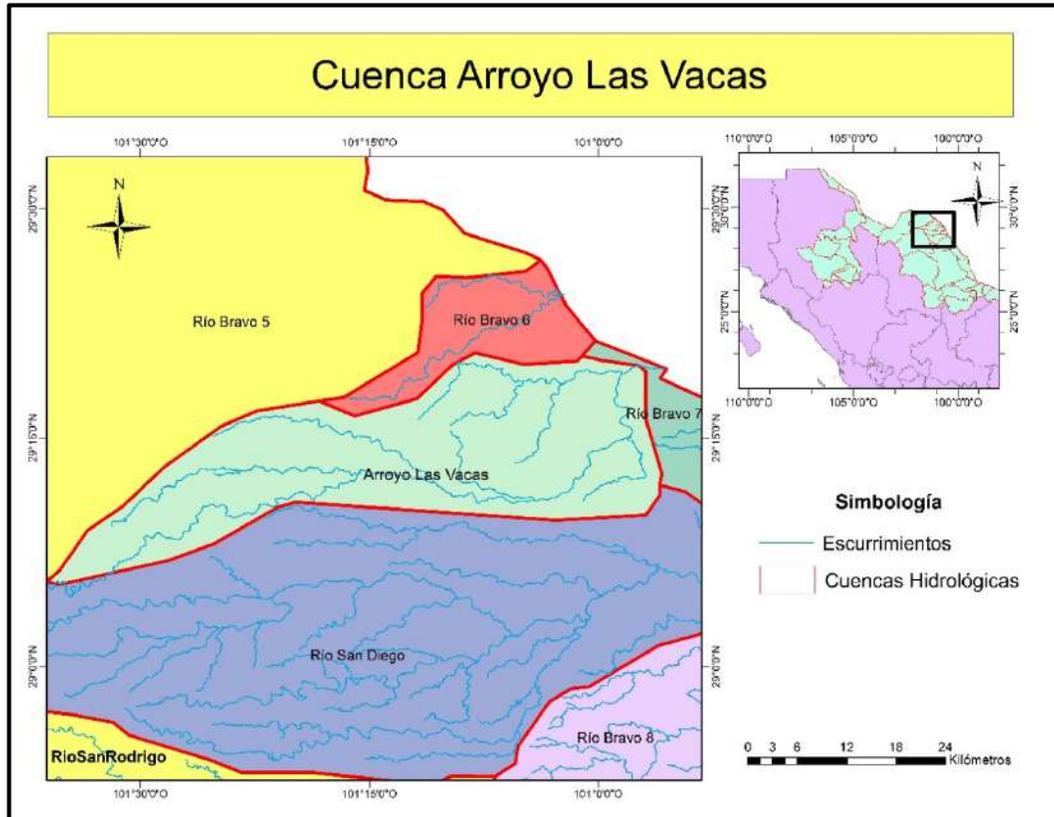


Figura 3.4 Cuenca del Arroyo Las Vacas.

3.1.2 Río San Diego

Drena una superficie de 2,225 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por la cuenca hidrológica Arroyo Las Vacas, al Sur por la cuenca hidrológica Río Bravo 8 y Río San Rodrigo, al Este por la cuenca hidrológica Río Bravo 7 y al Oeste por las cuencas hidrológicas Río Bravo 5 y Río Sabinas. El cauce principal nace a una elevación de 1500 metros sobre el nivel del mar, aguas arriba del cañón La Espada. Tiene una longitud aproximada de 158 kilómetros hasta su desembocadura con el Río Bravo. Sus afluentes principales son el Arroyo El Orégano, Arroyo El Pinto y el Arroyo Salado. La figura 3.5 muestra la cuenca del Río San Diego.

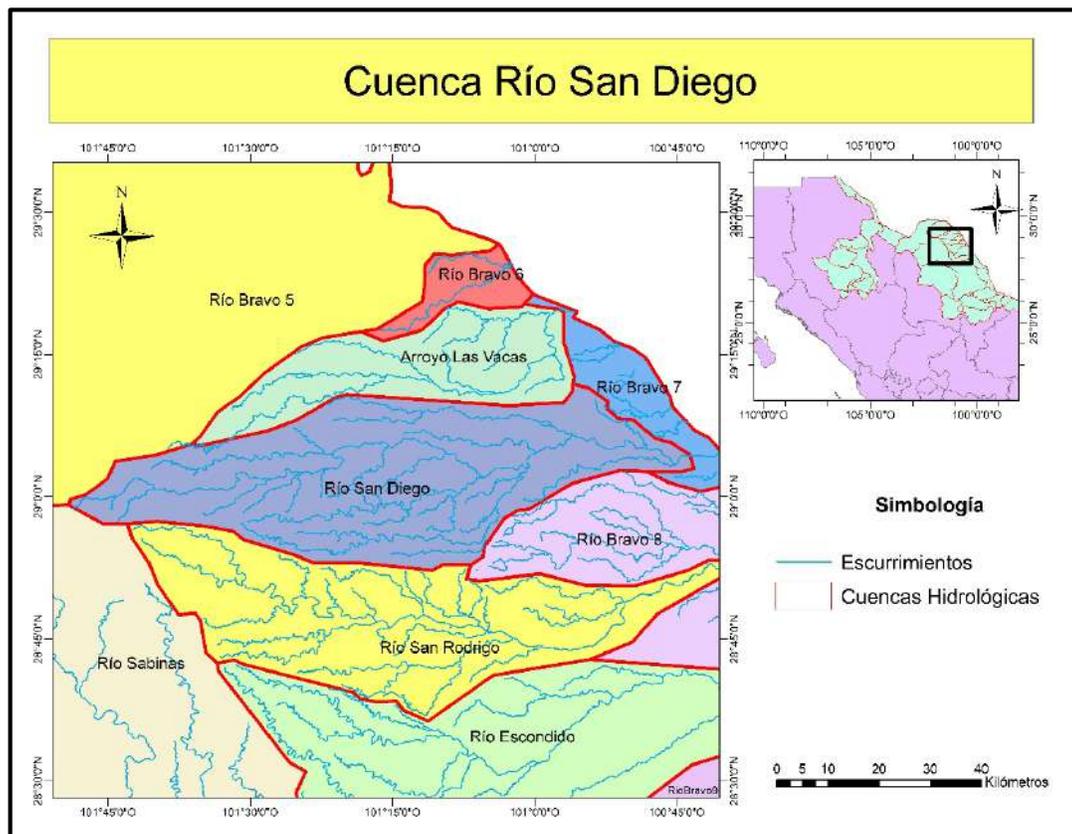


Figura 3.5 Cuenca del Río San Diego.

3.1.3 Río San Rodrigo

Drena una superficie de 2,717 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas Río San Diego y Río Bravo 8, al Sur por la cuenca hidrológica Río Bravo 8 y Río Escondido, al Este por la cuenca hidrológica Río Bravo 8 y al Oeste por las cuenca hidrológica Río Sabinas. El cauce principal nace a una elevación de 1200 metros sobre el nivel del mar. Tiene una longitud aproximada de 164.2 kilómetros hasta su desembocadura con el Río Bravo. Sus afluentes principales son el Arroyo La Vaca y el Arroyo San Rodrigo. La figura 3.6 muestra la cuenca del Río San Rodrigo.

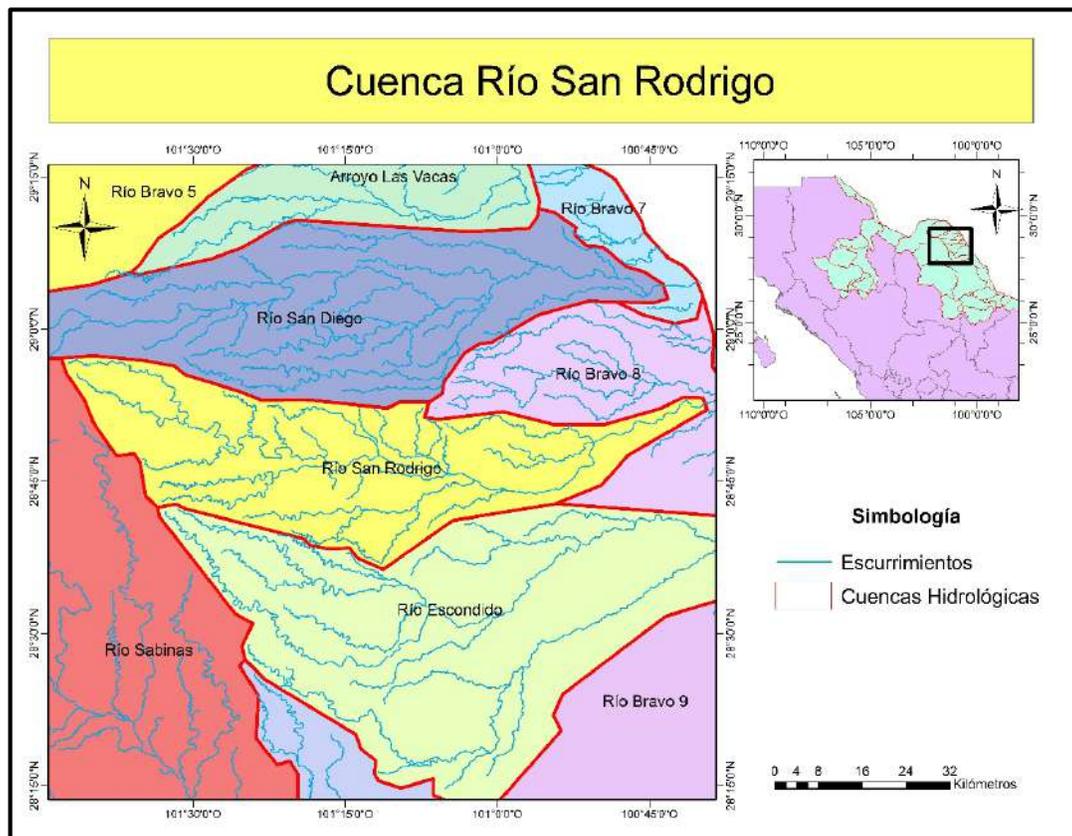


Figura 3.6 Cuenca del Río San Rodrigo.

3.1.4 Río Escondido

Drena una superficie de 3,810 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas Río San Rodrigo y Río Bravo 8, al Sur por la cuenca hidrológica Río Bravo 9 y Río Salado, al Este por la cuenca hidrológica Río Bravo 9 y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Sabinas. El cauce principal nace a una elevación de 1200 metros sobre el nivel del mar. Tiene una longitud aproximada de 150.9 kilómetros hasta su desembocadura con el Río Bravo. Sus afluentes principales son el Arroyo La Vaca y el Arroyo San Rodrigo. La figura 3.7 muestra la cuenca del Río Escondido.

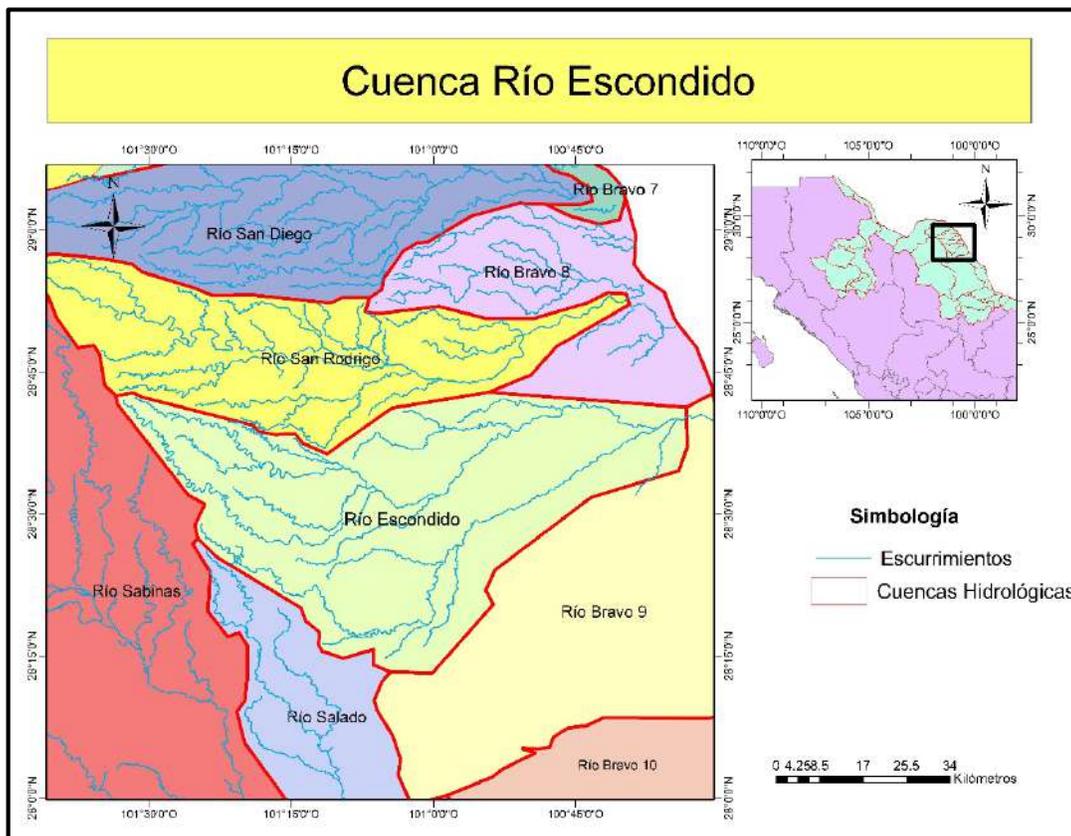


Figura 3.7 Cuenca del Río Escondido.

3.1.5 Río Salado

La cuenca del Río Salado drena una superficie de 25,436 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas Río Sabinas, Río Escondido, Río Bravo 9 y Río Bravo 10, al Sur por las cuencas hidrológicas Río Salinas, Río Pesquería y Río Álamo, al Este por la cuenca hidrológica Río Bravo 11 y al Oeste por la cuenca hidrológica Río Nadadores. El cauce principal tiene una longitud aproximada de 269 kilómetros desde la Presa Venustiano Carranza hasta la su desembocadura en la Presa Internacional Falcón. Algunos de sus afluentes principales son el Río Candela, Río Sabinas, Arroyo Las Ranas, Arroyo Camarón, Arroyo Santa Lucía, entre otros. La figura 3.8 muestra la cuenca del Río Salado.

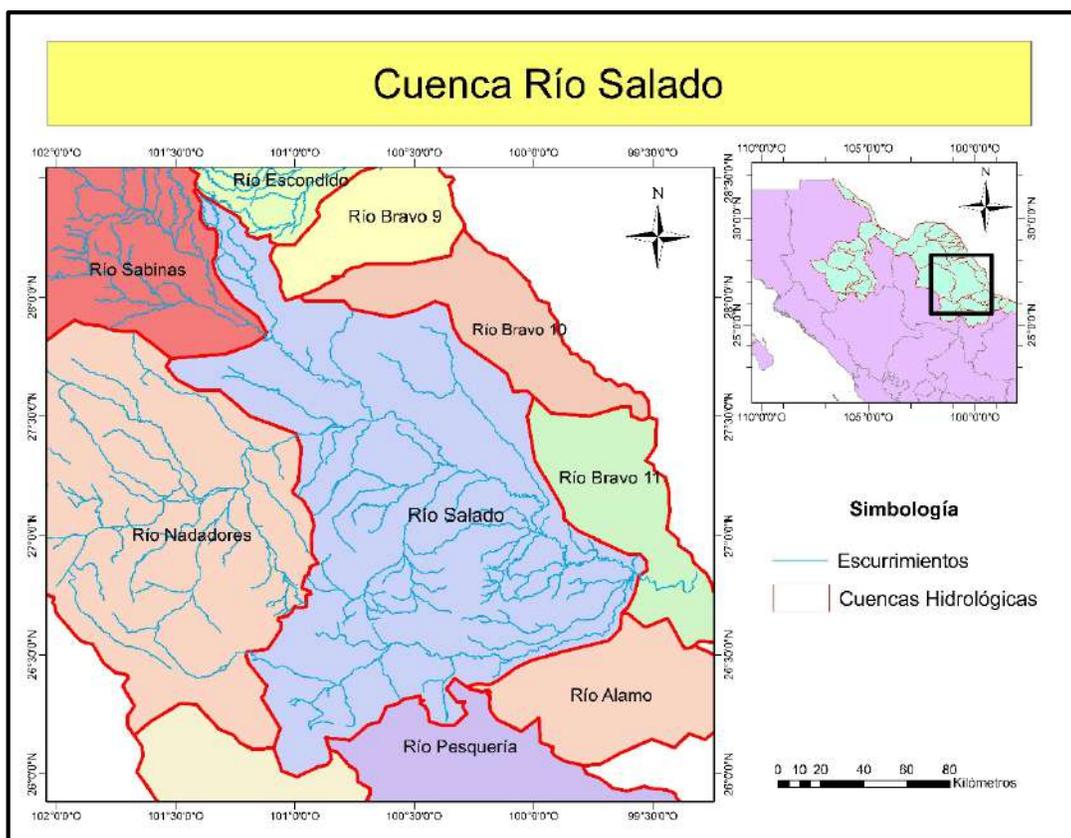


Figura 3.8 Cuenca del Río Salado.

3.1.5.1 Río Sabinas

La sub-cuenca del Río Sabinas drena una superficie de 12,825 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por las cuencas hidrológicas Río Bravo 4 y Río Bravo 5, al Sur por las cuencas hidrológicas Río Nadadores 9 y Río Salado, al Este por las cuencas hidrológicas Río San Diego, Río San Rodrigo, Río Escondido y Río Salado, al Oeste por la Región Hidrológica Mapimí. El cauce principal nace a una elevación de 1500 metros sobre el nivel del mar. Tiene una longitud aproximada de 230.5 kilómetros hasta Ciudad Sabinas. Sus afluentes principales son el Río Los Álamos, el Arroyo Santa Ana, Arroyo San Juan y el Arroyo El Pulpito. La figura 3.9 muestra la cuenca del Río Sabinas.

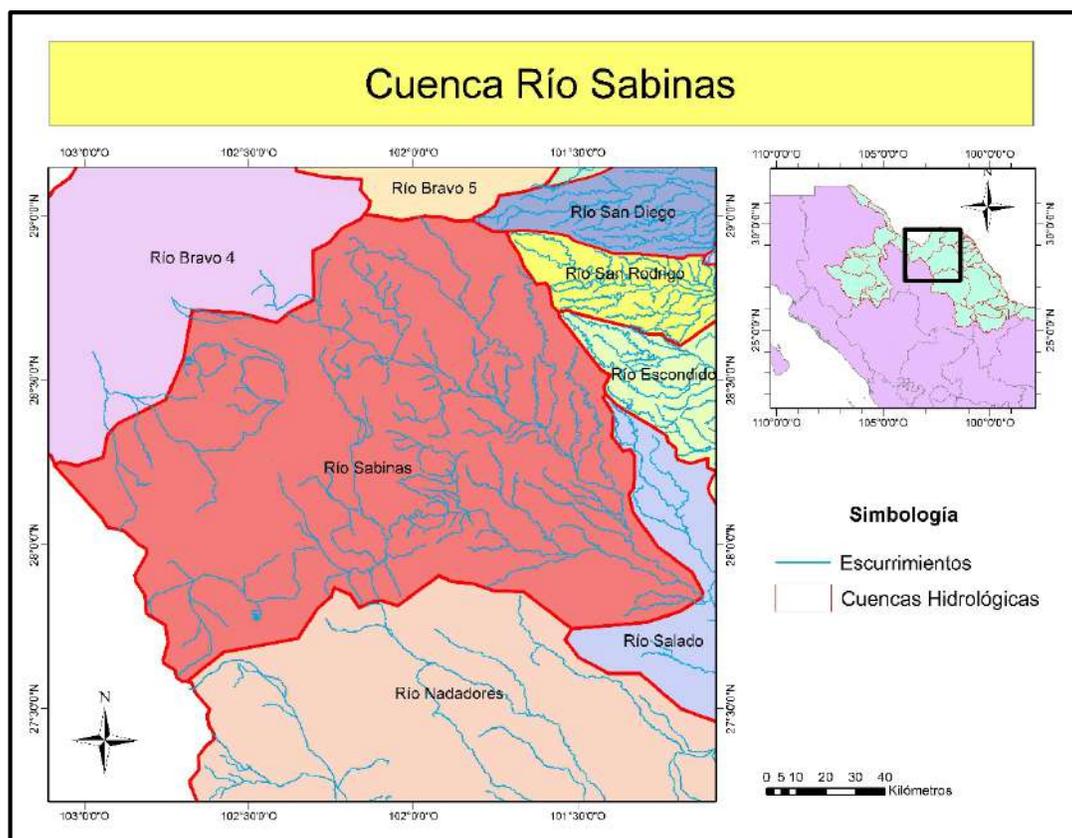


Figura 3.9 Cuenca del Río Sabinas.

3.1.5.2 Río Nadadores

La sub-cuenca del Río Nadadores drena una superficie de 23,086 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por la cuenca hidrológica Río Sabinas, al Sur por la cuenca hidrológica Río Salinas, al Este por la cuenca hidrológica Río Salado y al Oeste por la Región Hidrológica Mapimí. El cauce principal nace a una elevación de 2280 metros sobre el nivel del mar. Tiene una longitud aproximada de 367.2 kilómetros hasta la cabecera municipal de Progreso. Algunos de sus afluentes principales son el Río Monclova, Arroyo San Isidro, Arroyo El Salado, Arroyo El Chivo, Arroyo El Aura, entre otros. La figura 3.10 muestra la cuenca del Río Nadadores.

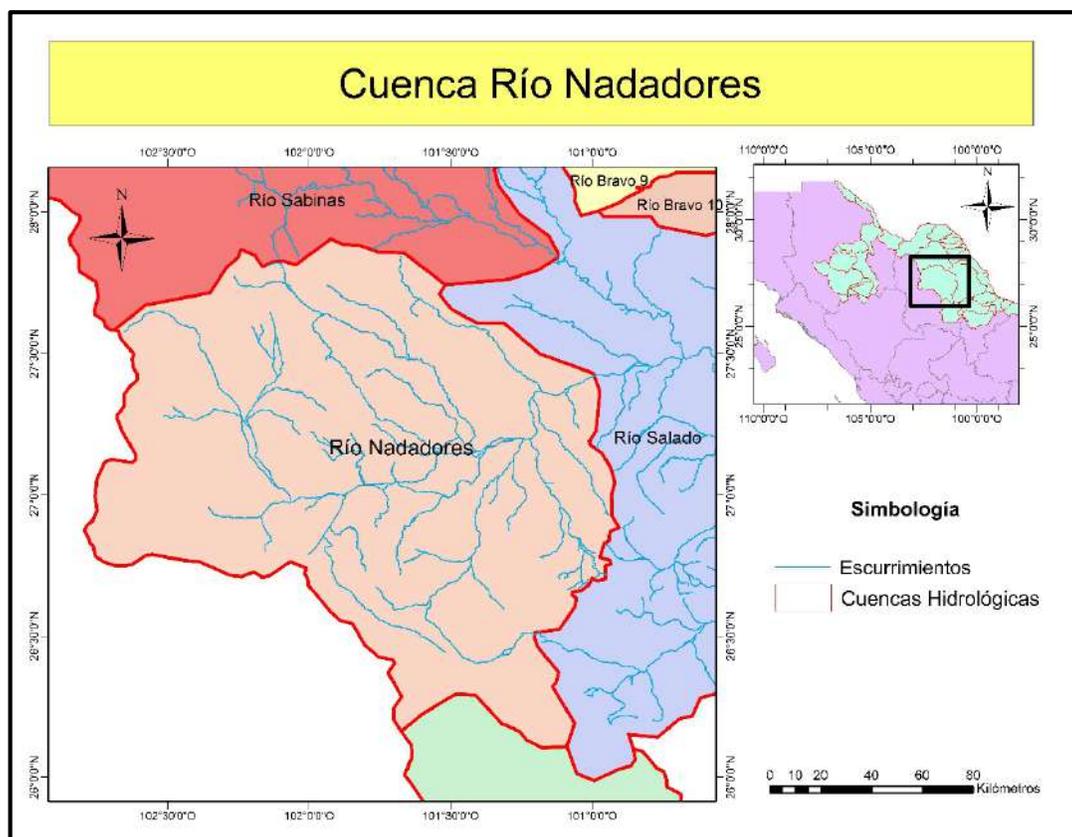


Figura 3.10 Cuenca del Río Nadadores.

3.2 Cuenca Río Conchos

3.2.1 Río Conchos 1

Esta sub-cuenca es la de mayor extensión de la cuenca del Río Conchos. Drena una extensión de 19,478.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por la sub-cuenca hidrológica Río San Pedro, al Sur por las sub-cuencas hidrológicas Río Florido 1 y Río Balleza, al Este con la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 2 y al Sureste por la sub-cuenca hidrológica Río Parral. El cauce principal nace en las alturas de la Sierra Tarahumara a una elevación de 2,800.00 metros sobre el nivel del mar. Sus afluentes principales en esta sub-cuenca son el Río Nonova, el Durazno, el Santa Cruz de Villegas y el Álamo, y una buena cantidad de arroyos intermitentes de menor envergadura. En la salida de la sub-cuenca el Río Conchos desemboca en la presa La Boquilla y continúa su cauce con su mismo nombre. La figura 3.11 muestra la sub-cuenca del Río Conchos 1.

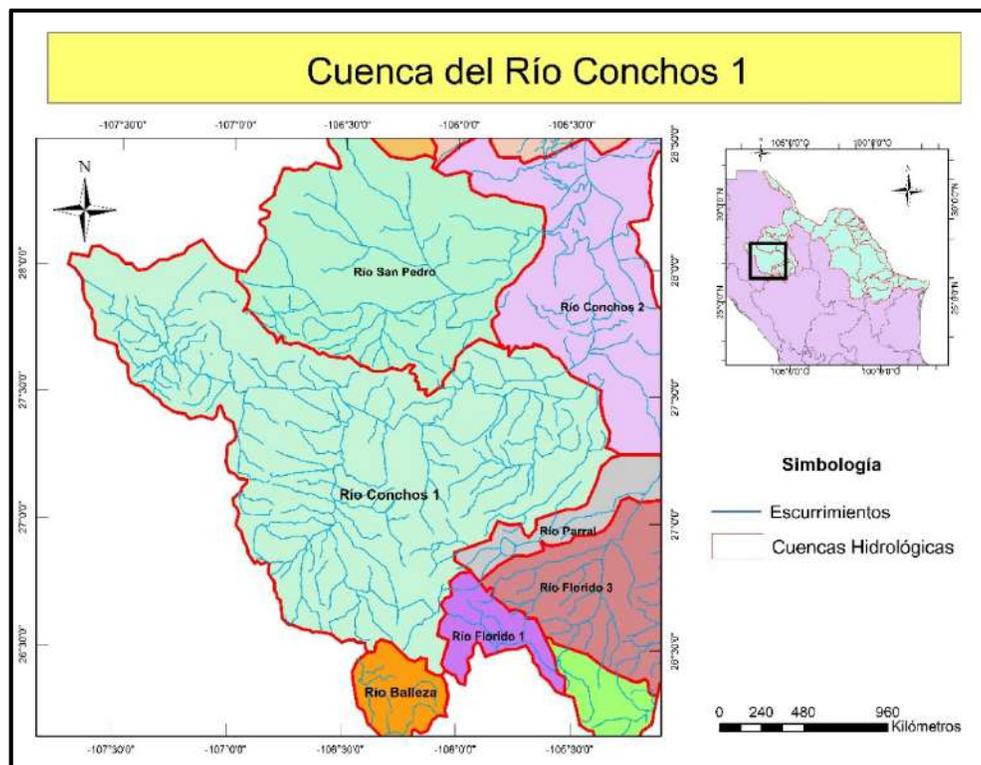


Figura 3.11 Cuenca Río conchos 1.

3.2.2 Río Conchos 2

Esta sub-cuenca drena una extensión de 9,843.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 3, al Noreste por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 4, al Suroeste por las sub-cuencas hidrológicas Río Florido 3 y Río Parral, y al Oeste por las sub-cuencas hidrológicas Río Conchos 1 y Río San Pedro. Los afluentes principales del Río Conchos en esta sub-cuenca son el Río Florido y el Río Parral además de un buen número de arroyos de bajo caudal. Las aguas del río pasan por la presa Rosetilla para continuar su cauce hasta la salida de la sub-cuenca. La figura 3.12 muestra la sub-cuenca del Río Conchos 2.

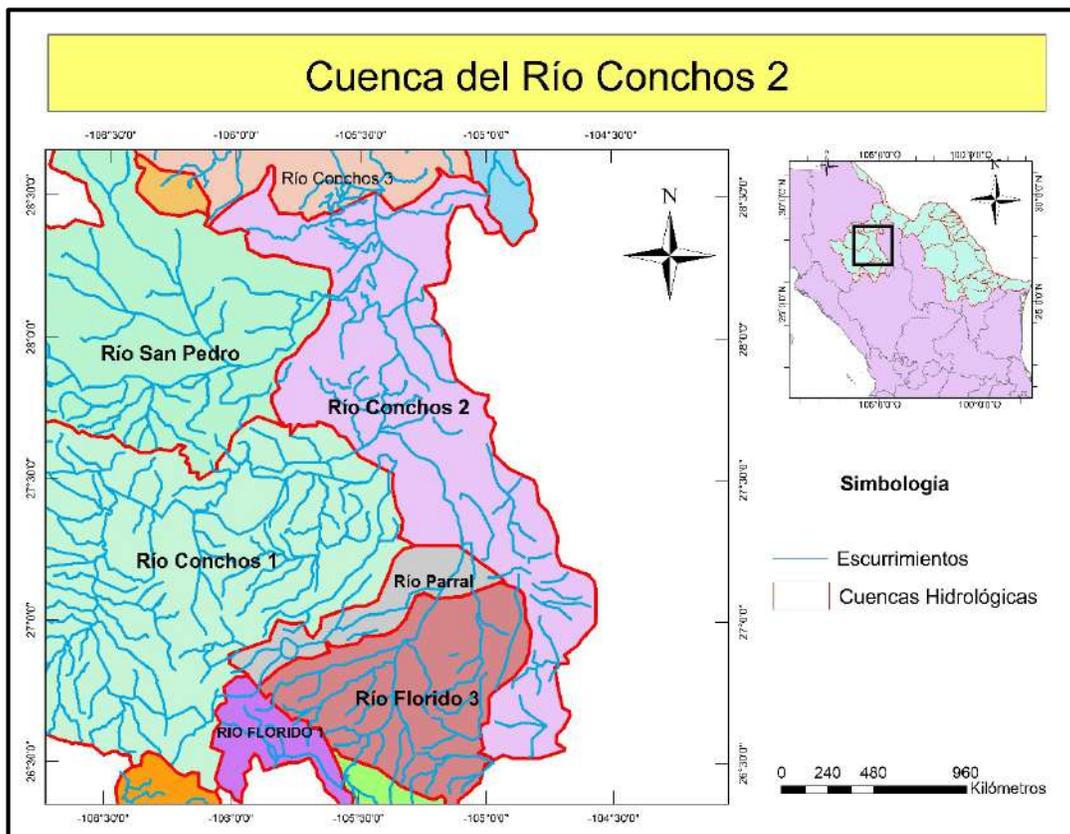


Figura 3.12 Cuenca Río conchos 2.

3.2.3 Río Conchos 3

Esta sub-cuenca drena una extensión de 6,508.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Noreste por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 4, al Sur por las sub-cuencas hidrológicas Río Conchos 2 y Río Chuviscar y al oeste por la sub-cuenca hidrológica del Río San Pedro. Los afluentes principales del Río Conchos en esta sub-cuenca son el Río Chuviscar y arroyos de intermitentes. A la salida de esta sub-cuenca las aguas del Río Conchos descargan en la presa Luis L. León donde después continúan su cauce. La figura 3.13 muestra la sub-cuenca del Río Conchos 3.

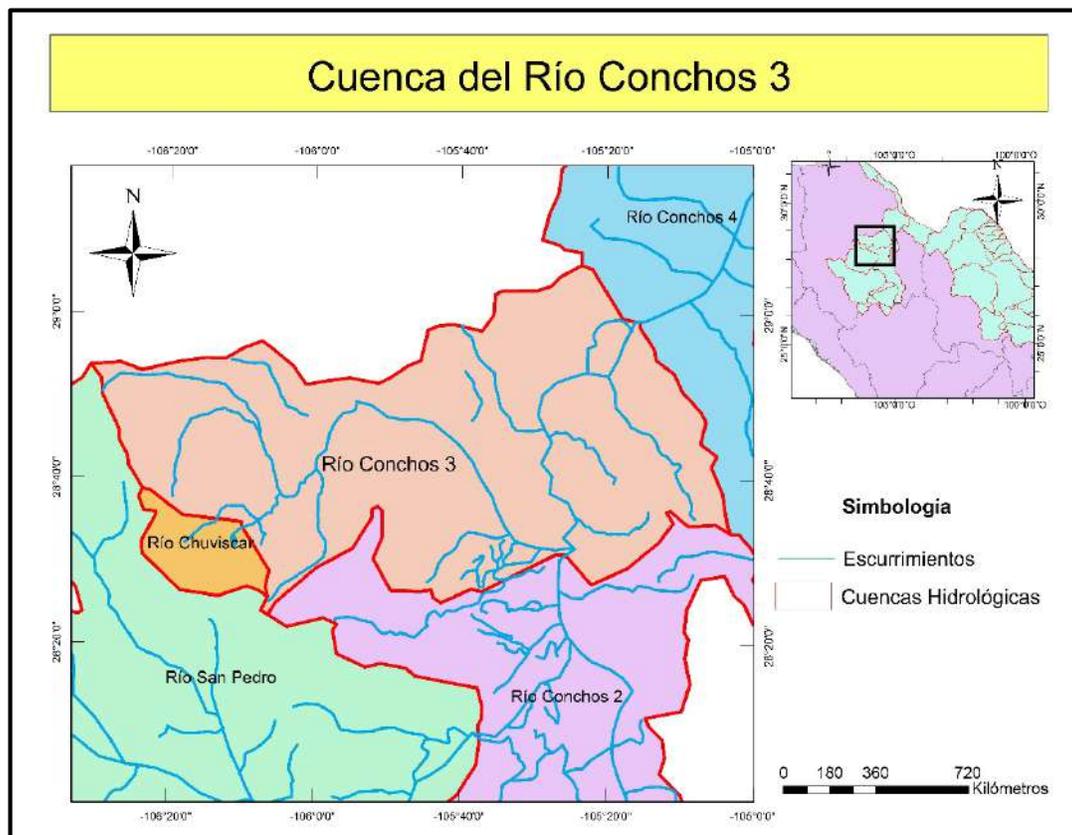


Figura 3.13 Cuenca Río conchos 3.

3.2.4 Río Conchos 4

Esta sub-cuenca drena una extensión de 9,006.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por las cuencas Río Bravo 3 y Río Bravo 4; siendo el punto de salida de la cuenca, al Sur por las sub-cuencas hidrológicas Río Conchos 2 y Río Conchos 3. Los afluentes principales del Río Conchos en esta sub-cuenca son el Coyame, el Acebuche, los Gendarmes y el Mimbres. La figura 3.14 muestra la sub-cuenca del Río Conchos 4.

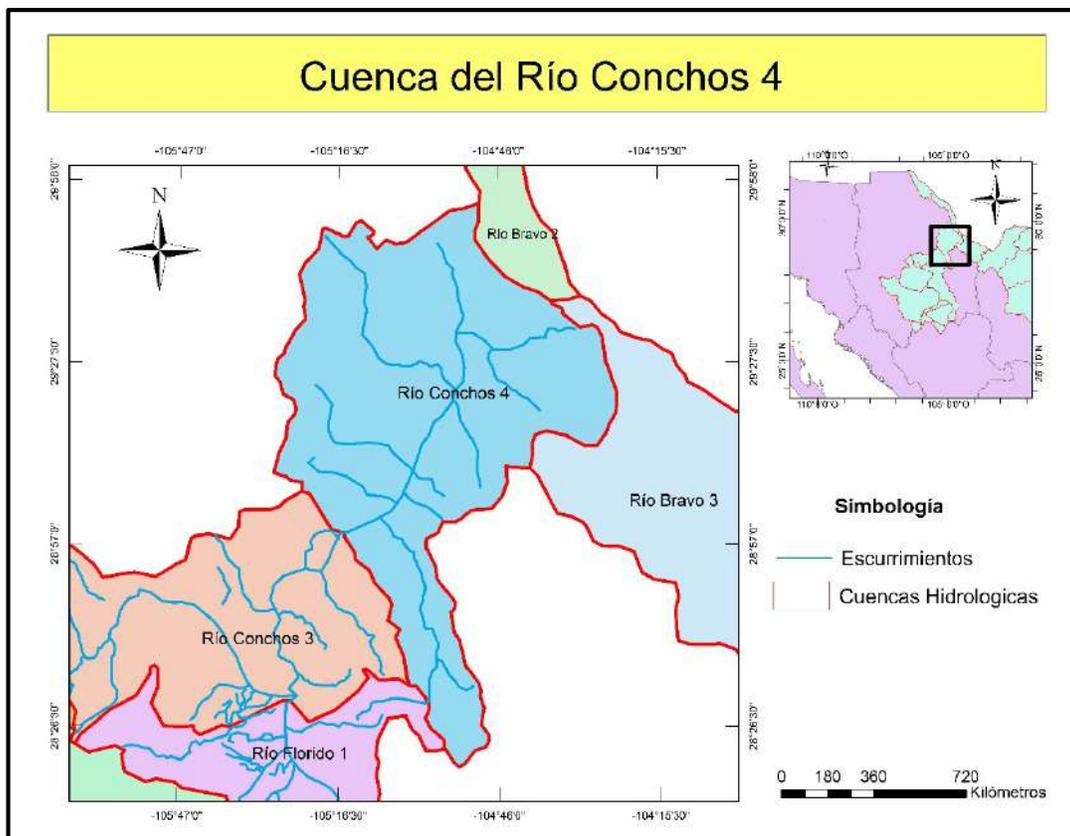


Figura 3.14 Cuenca Río conchos 4.

3.2.5 Río Chuviscar

Esta sub-cuenca es la de menor extensión dentro de la cuenca del Río Conchos. Drena una extensión de 395.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Noreste por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 3 y al Suroeste por la sub-cuenca hidrológica Río San Pedro. El Chuviscar emana desde la serranía de Mesa Montosa, en un punto llamado Cañada del Chivato a unos 2,300.00 metros de elevación, en el municipio de Chihuahua, se dirige hacia el Este y es represado en las presas Chihuahua y Chuviscar, proporciona una parte del agua que utiliza la ciudad de Chihuahua. Tiene una longitud aproximada de 120.00 kilómetros hasta su confluencia con el Río Conchos. El afluente principal del Río Chuviscar es el Río Sacramento. La figura 3.15 muestra la sub-cuenca del Río Chuviscar.

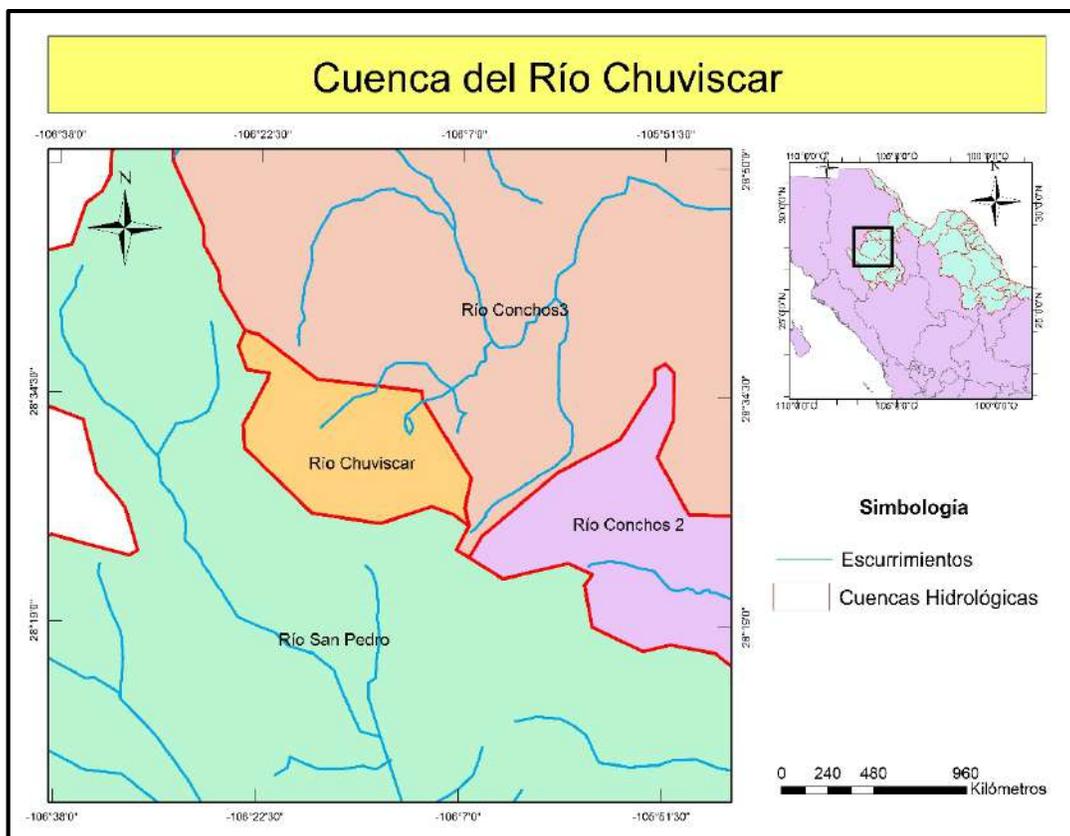


Figura 3.15 Cuenca Río Chuviscar.

3.2.6 Río San Pedro

Esta sub-cuenca hidrológica drena 10,461.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por la sub-cuenca hidrológica Río Chuviscar y Río Conchos 3, al Este por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 2 y al Sur por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 1. Los afluentes principales del Río San Pedro son el Río Santa Rosa, el Guisoichi y San Javier así como un elevado número de arroyos intermitentes. El Río San Pedro nace a 2100.00 metros sobre el nivel del mar y tiene una longitud aproximada de 140.00 kilómetros en su cauce principal desde su nacimiento hasta la desembocadura en la presa Francisco I. Madero (Las Vírgenes) a la salida de la sub-cuenca. La figura 3.16 muestra la sub-cuenca del Río San Pedro.

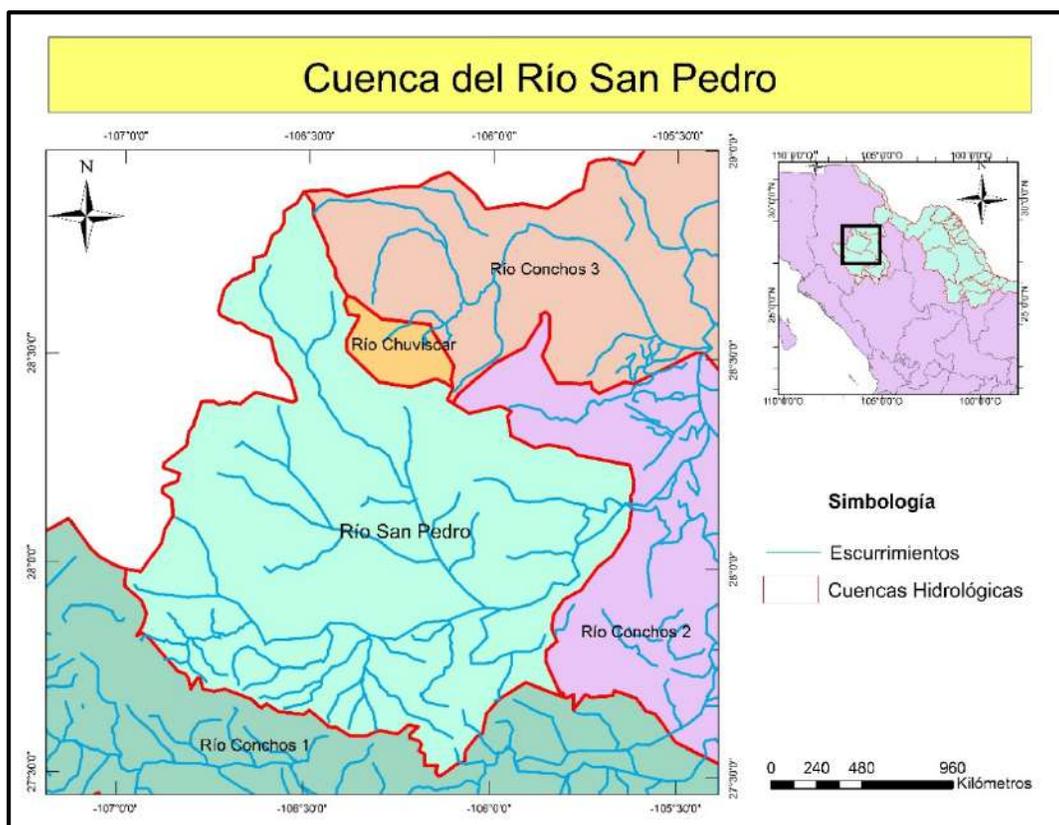


Figura 3.16 Cuenca Río San Pedro.

3.2.7 Río Parral

Esta sub-cuenca hidrológica drena una extensión 1,151.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Oeste por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 1, al Este por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 2 y al Sur por las sub-cuencas hidrológicas Río Florido 1 y Río Florido 3. El Río Parral nace en la Sierra del Astillero, se enfila al noroeste pasando a los municipios de Allende y Camargo, uniéndose en este al Río Florido. El Río parral tiene una longitud aproximada de 100.00 kilómetros en su cauce principal desde su nacimiento hasta la salida de la sub-cuenca y es un cauce que la mayoría del tiempo no tiene agua. Los afluentes principales del Río Parral están conformados por arroyos intermitentes. La figura 3.17 muestra la sub-cuenca del Río Parral.

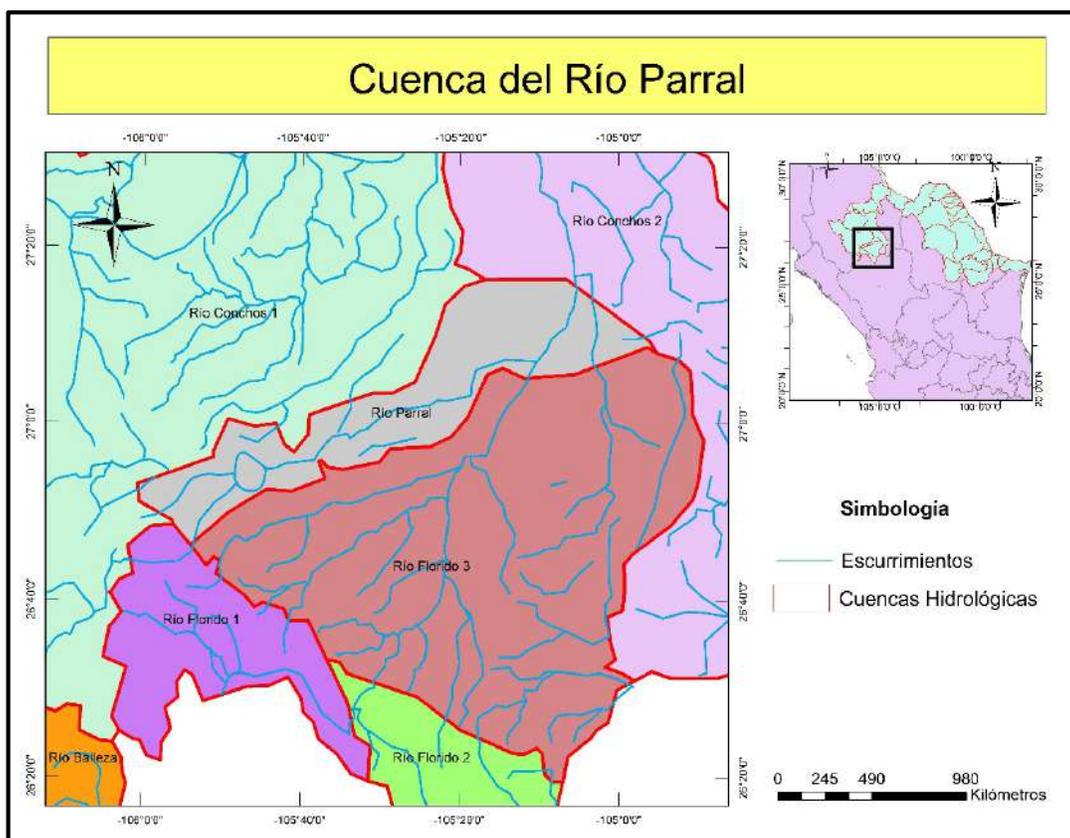


Figura 3.17 Cuenca Río Parral.

3.2.8 Río Balleza

Esta sub-cuenca hidrológica drena una extensión de 1,525.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra a una altitud de 1,577.00 metros sobre el nivel del mar y tiene una longitud de aproximadamente 80.00 kilómetros en su cauce principal desde su nacimiento hasta la salida de la sub-cuenca. Se encuentra delimitada al Norte por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 1. Los afluentes principales del Río Balleza se encuentran conformados por arroyos intermitentes. La figura 3.18 muestra la sub-cuenca del Río Balleza.

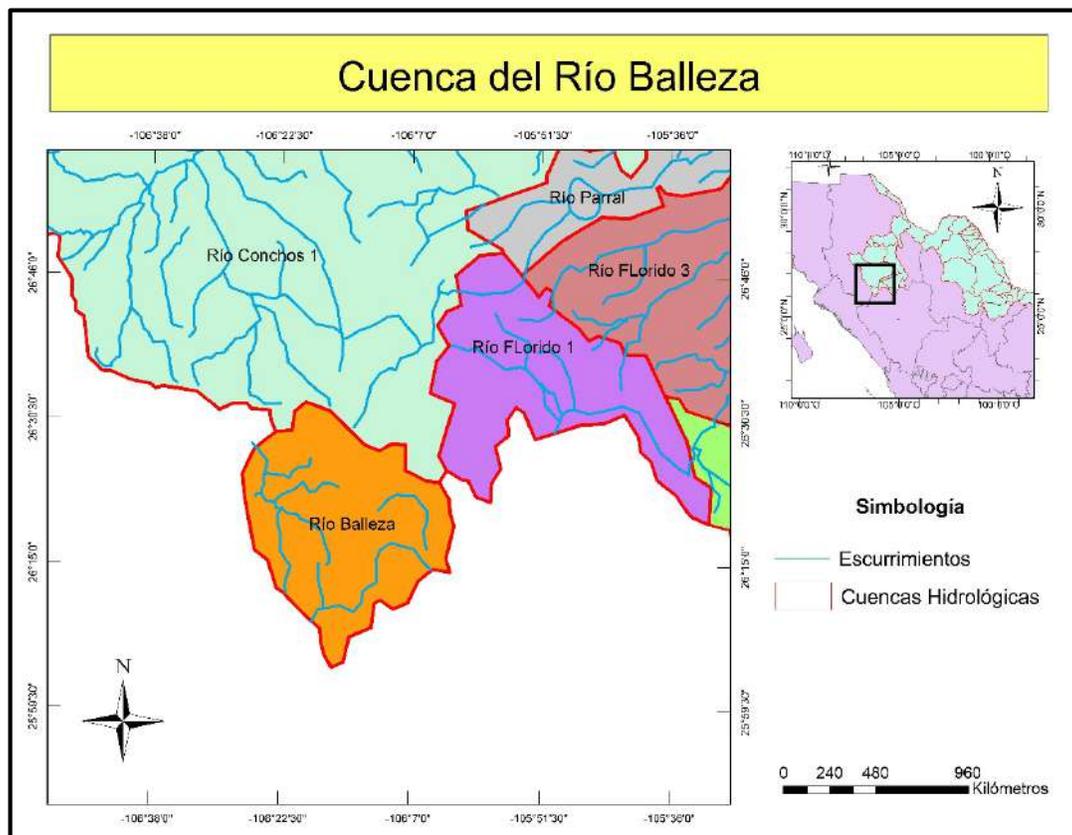


Figura 3.18 Cuenca Río Balleza.

3.2.9 Río Florido 1

Esta sub-cuenca hidrológica drena una extensión de 1,150.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por la sub-cuenca hidrológica Río Parral, al Noroeste por la sub-cuenca hidrológica Río Conchos 1, al Este por la sub-cuenca hidrológica Río Florido 3 y al Sureste por la sub-cuenca hidrológica Río Florido 2. La cabecera del Río Florido se encuentra en la cumbre más alta de la Sierra Mohinora, localizado en el sur de Chihuahua. Nace en la Sierra de Santa Bárbara a casi 2,000.00 metros sobre el nivel del mar, al sur del estado su cauce corre de Oeste a Este donde descarga en la presa San Gabriel en el municipio de Ocampo para después seguir su cauce hacia la salida de la sub-cuenca. Los afluentes principales del Río Florido en esta sub-cuenca se encuentran conformados por arroyos intermitentes de menor envergadura. La figura 3.19 muestra la sub-cuenca del Río Florido 1.

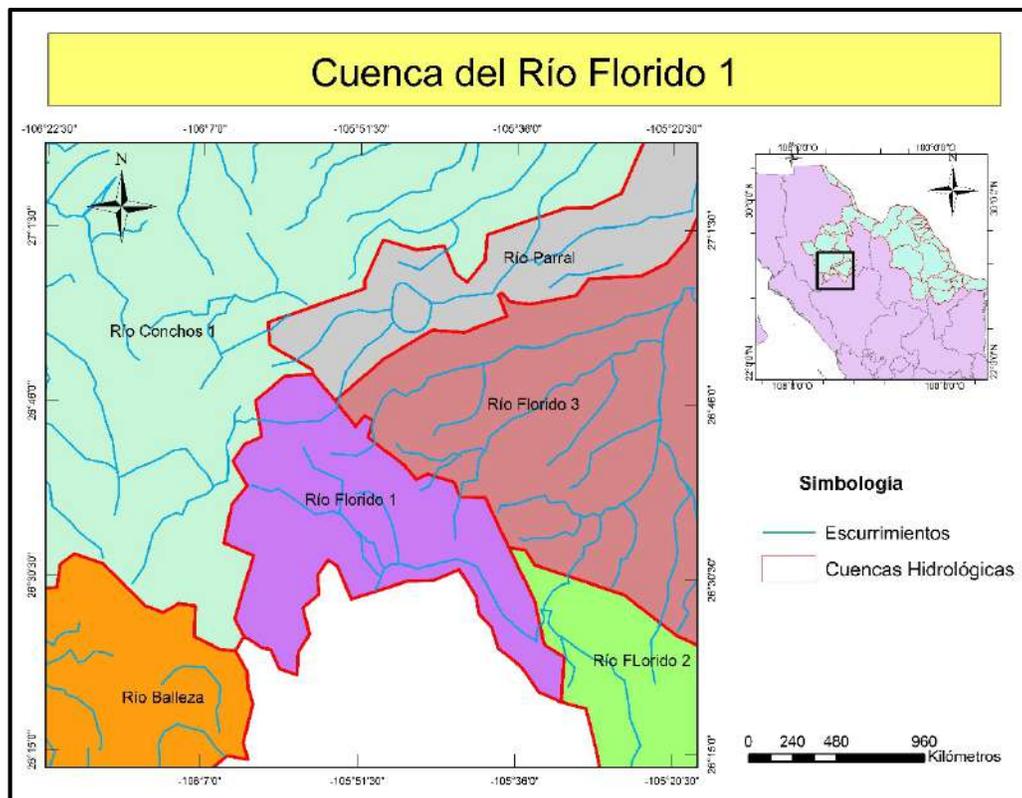


Figura 3.19 Cuenca Río Florido 1.

3.2.10 Río Florido 2

Esta sub-cuenca hidrológica drena una extensión de 1,584.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por la sub-cuenca hidrológica Río Florido 3 y al Oeste por la sub-cuenca hidrológica Río Florido 1. Los afluentes principales del Río Florido en esta sub-cuenca son conformados por una serie de arroyos intermitentes. El Río Florido desemboca en la presa Pico del Águila para después continuar con su cauce. La figura 3.20 muestra la sub-cuenca del Río Florido 2.

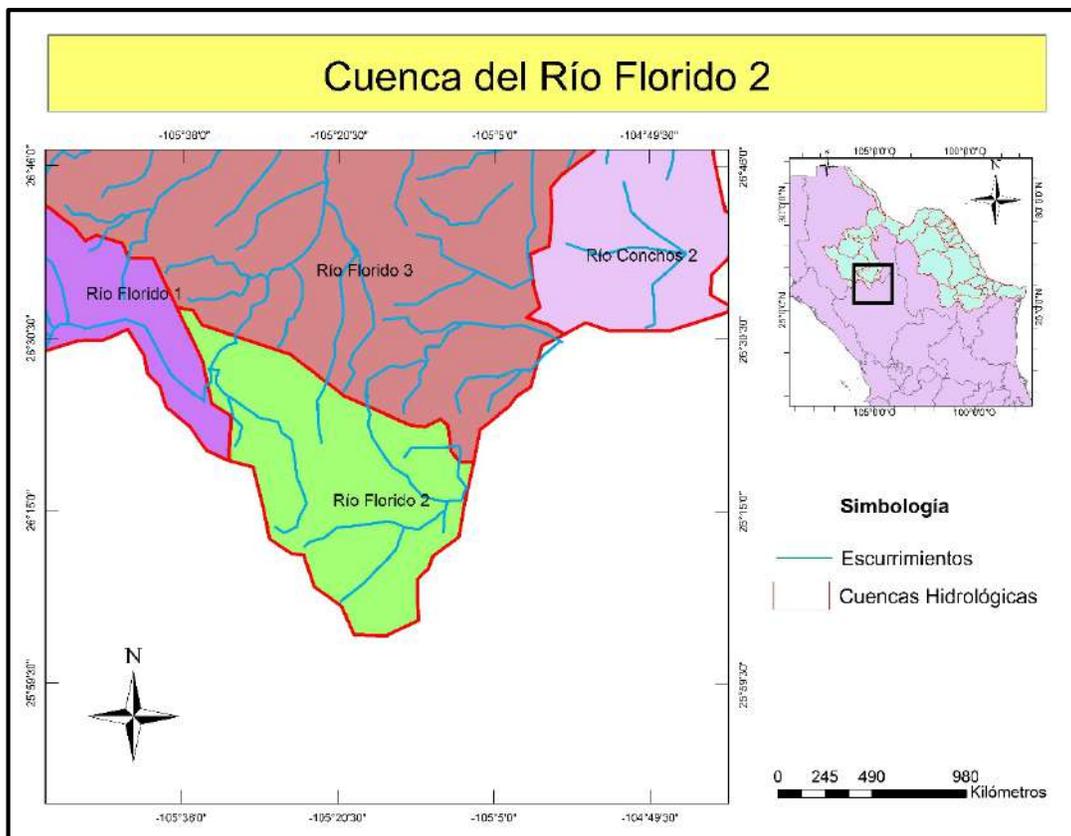


Figura 3.20 Cuenca Río Florido 2.

3.2.11 Río Florido 3

Esta sub-cuenca hidrológica drena una extensión de 4,661.00 kilómetros cuadrados (DOF, 2011). Se encuentra delimitada al Norte por la sub-cuenca hidrológica Río Parral, al Sur por la sub-cuenca hidrológica Río Florido 2, al Oeste por la sub-cuenca hidrológica Río Florido 1 y al Este por la cuenca hidrológica Río Conchos 2. Los afluentes principales del Río Florido en esta sub-cuenca son por un lado el Río Santa Bárbara que desemboca en la presa el Durazno para continuar su cauce como Río Allende hasta confluir con el Río Florido; por el otro lado por una red de elevado número de arroyos intermitentes que tienen como convergencia al Río Florido. La figura 3.21 muestra la sub-cuenca del Río Florido 3.

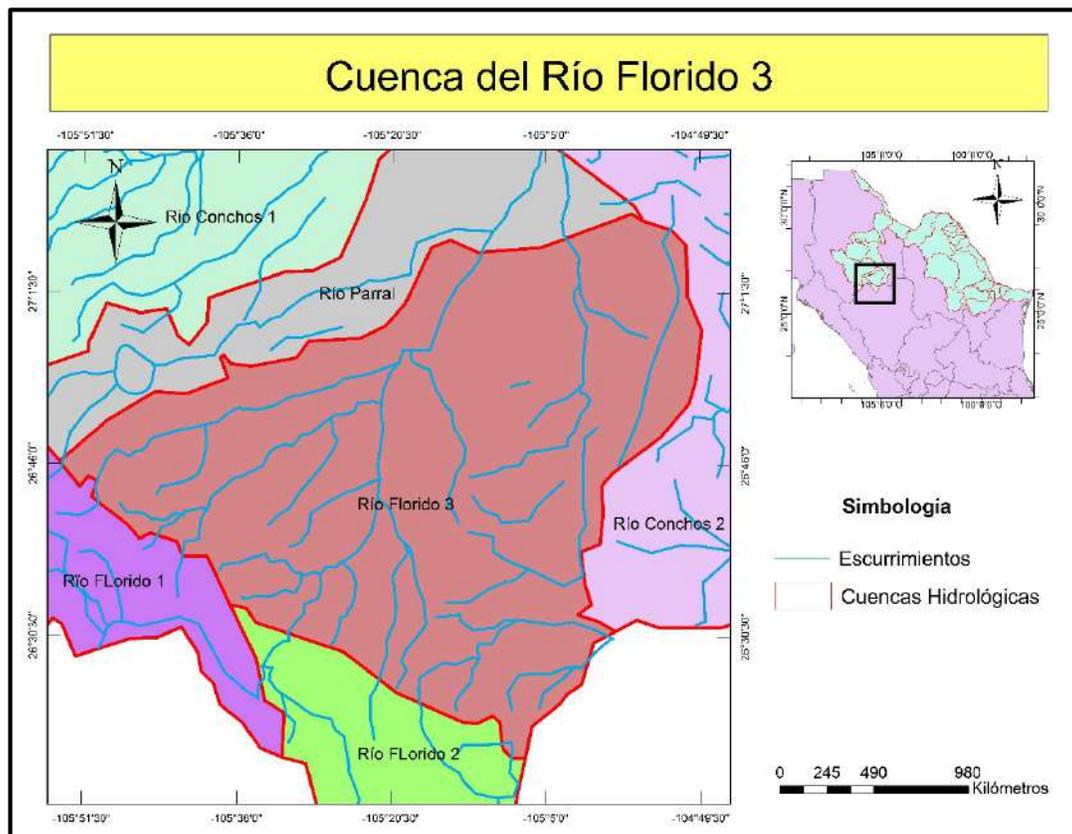


Figura 3.21 Cuenca Río Florido 3.



4 ESTADO ACTUAL DE LA RED HIDROCLIMATOLÓGICA

De acuerdo a la información proporcionada por la Comisión Nacional del Agua, actualmente la red estaciones con la que se cuenta en el área del Organismo de Cuenca Río Bravo asciende a 326, entre a las que se encuentran tanto estaciones climatológicas, como hidrométricas, hidroclimatológicas, meteorológicas automatizadas, sinópticas meteorológicas y observatorios meteorológicos.

A continuación en las tablas 4.1, 4.2 y 4.3, y en las figuras 4.1, 4.2 y 4.3 se presenta un resumen del número de las estaciones.

De acuerdo a esta información, del total de estaciones climatológicas convencionales el 56% (121 estaciones) se localiza en el estado de Nuevo León, de las cuales solo 7 se encuentra suspendidas para rehabilitación.

Así mismo, de las estaciones climatológicas que cuentan con transmisión telemétrica el 73% corresponde al Estado de Nuevo León.

En cuanto a las estaciones meteorológicas automatizadas (EMA's) en el Estado de Coahuila se cuenta con el 72% de este tipo de estaciones.

Tabla 4.1 Red de estaciones convencionales.

| TIPO | TOTAL | CHIHUAHUA | DURANGO | COAHUILA | NUEVO LEÓN | TAMAULIPAS |
|--------------------------------------|-------|-----------|---------|----------|------------|------------|
| Climatológica (C) | 216 | 26 | 0 | 55 | 121 | 14 |
| Hidrométrica (H) | 16 | 4 | 0 | 1 | 11 | 0 |
| Pluviómetro (Pm) | 5 | 0 | 0 | 0 | 3 | 2 |
| Observatorio meteorológico (O) | 7 | 3 | 0 | 3 | 1 | 0 |
| SITUACIÓN ACTUAL (S.A.) | | | | | | |
| EN OPERACIÓN | 222 | 25 | 0 | 59 | 129 | 9 |
| SUSPENDIDA. PARA REHABILITACIÓN (SR) | 12 | 5 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| FUERA DE OPERACIÓN | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |



Tabla 4.2 Red de estaciones automatizadas.

| TIPO | TOTAL | CHIHUAHUA | DURANGO | COAHUILA | NUEVO LEÓN | TAMAULIPAS |
|---|-------|-----------|---------|----------|------------|------------|
| Climatológica Telemétrica (C-T) | 22 | 1 | 0 | 0 | 16 | 5 |
| Hidroclimatológica Telemétrica(HC-T) | 20 | 9 | 1 | 3 | 2 | 5 |
| Hidrométrica Telemétrica (H-T) | 28 | 6 | 0 | 7 | 10 | 5 |
| Pluviógrafos (Pp) | 8 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| Estación Meteorológica Automatizada (EMA) | 7 | 0 | 0 | 5 | 1 | 1 |
| Estación Sinóptica Meteorológica (ESIME) | 7 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 |
| SITUACIÓN ACTUAL (S.A.) | | | | | | |
| EN OPERACIÓN | 85 | 14 | 1 | 18 | 37 | 15 |
| MANTENIMIENTO | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| FUERA DE OPERACIÓN | 6 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 |

Tabla 4.3 Totalidad de estaciones.

| TIPO | TOTAL | Chihuahua | Durango | Coahuila | Nuevo León | Tamaulipas |
|--------------------------------|------------|-----------|----------|-----------|------------|------------|
| EN OPERACIÓN | 307 | 39 | 1 | 77 | 166 | 24 |
| MANTENIMIENTO | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| SUSPENDIDA PARA REHABILITACIÓN | 12 | 5 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| FUERA DE OPERACIÓN | 6 | 2 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| TOTAL | 326 | 46 | 1 | 79 | 175 | 25 |

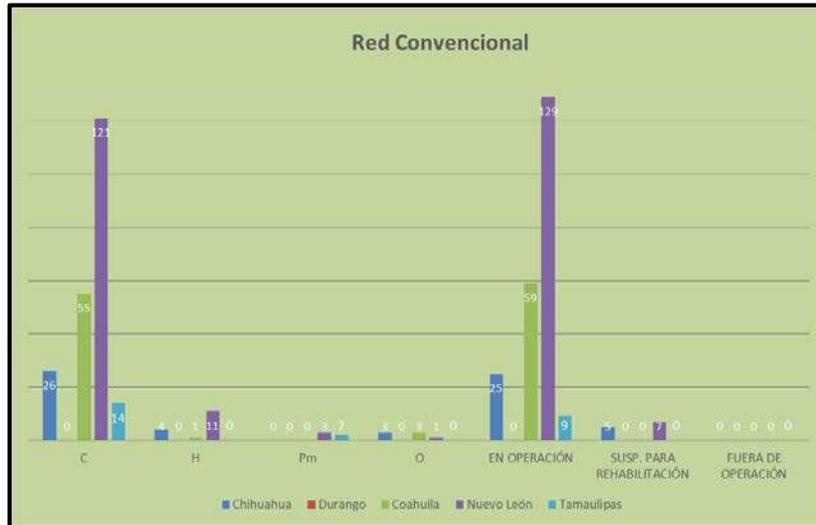


Figura 4.1 Situación de la red convencional.

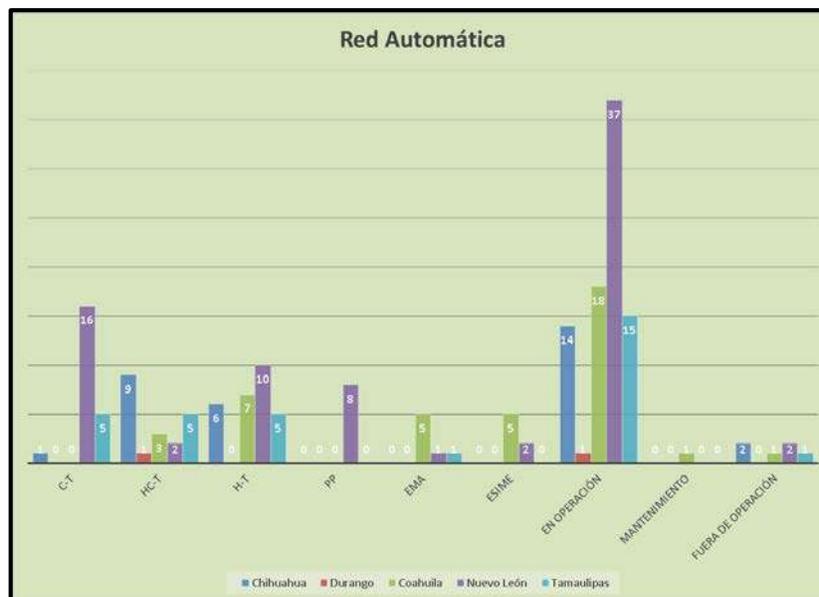


Figura 4.2 Situación de la red automática.

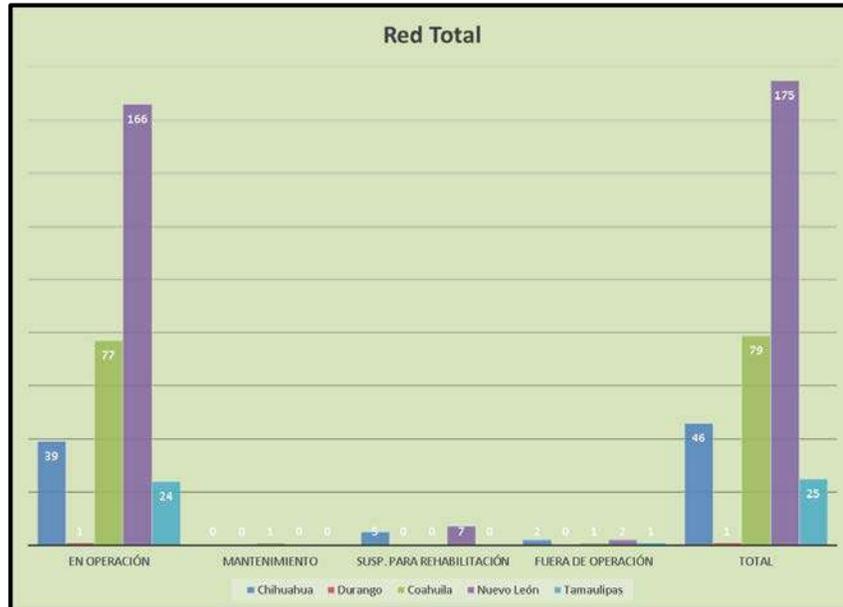


Figura 4.3 Situación general de la red de estaciones.



4.1 Cinco tributarios

4.1.1 Arroyo Las Vacas

La cuenca del arroyo Las Vacas cuenta dos estaciones, la primera es una estación climatológica convencional la cual se localiza en la Presa Centenario en la parte baja de la cuenca y cuenta con un registro desde 1987. La segunda estación es hidrométrica telemétrica localizada a la salida de la cuenca contando con un registro a partir de 1999. Esta última, es operada por la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA). Ambas estaciones se encuentran en operación. En la tabla 4.4 se presenta el resumen de las estaciones localizadas mientras que en la figura 4.4 se muestra la imagen con la localización de las mismas.

Tabla 4.4 Resumen de estaciones localizadas en la cuenca del Arroyo Las Vacas.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM | S.A. | EDO. | R H | SUBCUENCA | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|-------------------------|------|--------|------|------|-----|----------------------------|------------------|--------|----------|---------------------|
| Presa Centenario | C | 5085 | O | Coah | 24 | R. Bravo - A. de las Vacas | | 29.217 | -100.947 | Feb - 1987-2012 |
| (CILA) Las Vacas | H-T | | O | Coah | 24 | R. Bravo - A. de las Vacas | Arroyo Las Vacas | 29.329 | -100.955 | 1999-2012 |

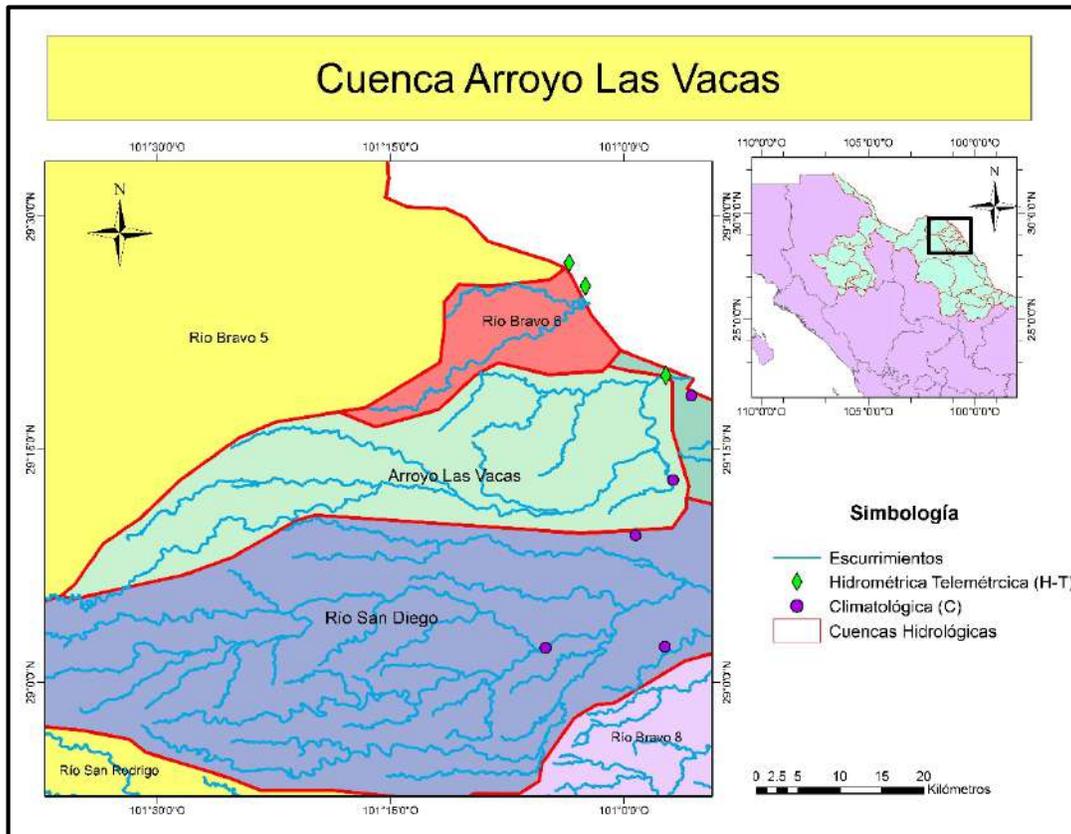


Figura 4.4 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Arroyo Las Vacas.



4.1.2 Río San Diego

En la cuenca del Río San Diego, se localizan tres estaciones climatológicas convencionales y una estación hidroclimatológica telemétrica. Las estaciones climatológicas se localizan en la parte baja de la cuenca y cuentan con registros a partir de 1965, 1960 y 1987, una de ellas se ubica en la Presa San Miguel. La estación hidroclimatológica se ubica en la descarga de la cuenca en el municipio de Jiménez, Coahuila. Actualmente se encuentran en operación. En la tabla 4.5 se presenta el resumen de estas estaciones, y en la figura 4.5 se muestra la ubicación de las mismas.

Tabla 4.5 Resumen de las estaciones en la cuenca del Río San Diego.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM | S A | EDO | R H | SUBCUENCA | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|------------------|------|--------|-----|------|-----|-------------------------|---------------|--------|----------|---------------------|
| Cabeceras | C | 5186 | O | Coah | 24 | R. Bravo - R. San Diego | | 29.037 | -101.084 | Dic - 1965-2012 |
| Palestina | C | 5023 | O | Coah | 24 | R. Bravo - A. las Vacas | | 29.158 | -100.987 | Ene - 1960-2012 |
| Presa San Miguel | C | 5086 | O | Coah | 24 | R. Bravo - R. San Diego | | 29.038 | -100.956 | Dic - 1987-2012 |
| (CILA) San Diego | HC-T | | O | Coah | 24 | R. Bravo - R. San Diego | Río San Diego | 29.072 | -100.731 | 1999-2012 |

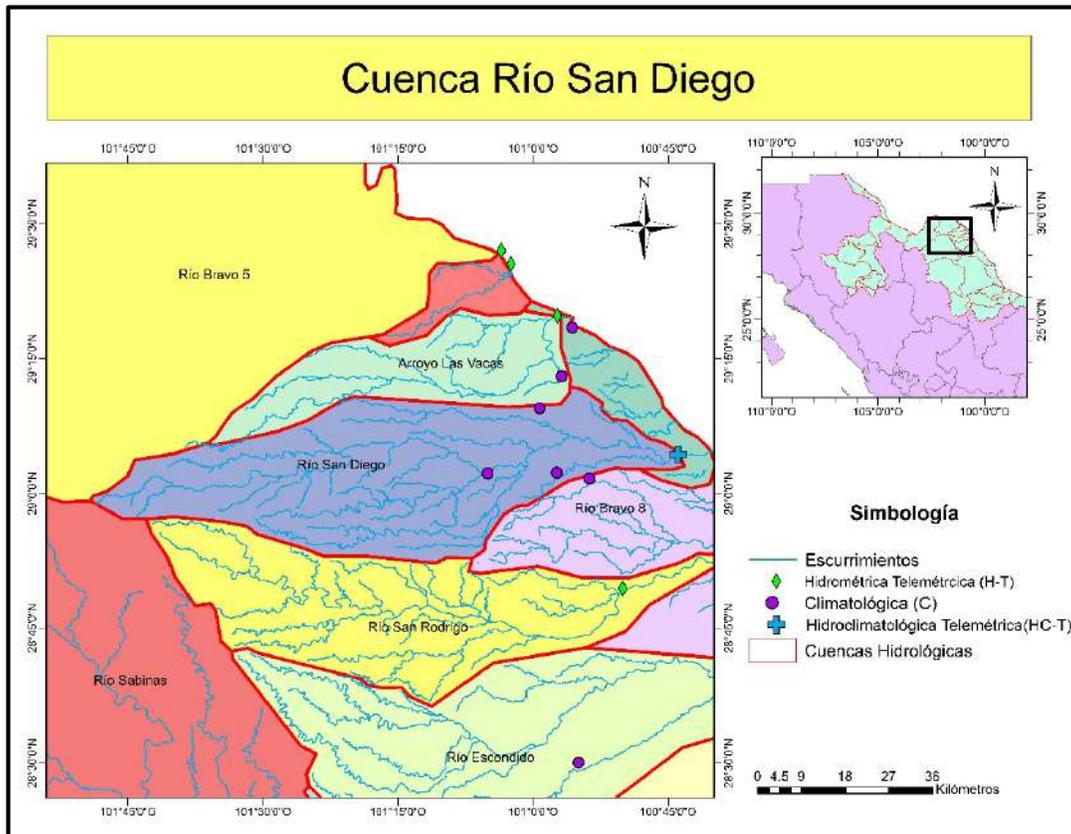


Figura 4.5 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río San Diego.



4.1.3 Río San Rodrigo

Para el monitoreo de la cuenca del Río San Rodrigo, solo se cuenta con dos estaciones hidrométricas telemétricas; la primera de ellas se localiza en la presa La Fragua en la parte baja de la cuenca y la segunda a la salida del Río antes de su confluencia con el Arroyo Blanco. Ambas cuentan con un registro a partir de 1999 y actualmente se encuentran operando. A continuación, en la tabla 4.6 se presenta el resumen de estas estaciones y en la figura 4.6 se muestra la ubicación con respecto a la cuenca.

Tabla 4.6 Resumen de las estaciones localizadas en la cuenca del Río San Rodrigo.

| NOMBRE | TIPO | S A | EDO | R H | SUBCUENCA | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|-----------------|------|-----|------|-----|---------------------------|-----------------|--------|----------|---------------------|
| La Fragua | H-T | O | Coah | 24 | R. Bravo - R. San Rodrigo | Río San Rodrigo | 28.823 | -100.834 | 1999-2012 |
| (CILA) El Moral | H-T | O | Coah | 24 | R. Bravo - R. San Rodrigo | Río San Rodrigo | 28.889 | -100.632 | 1999-2012 |

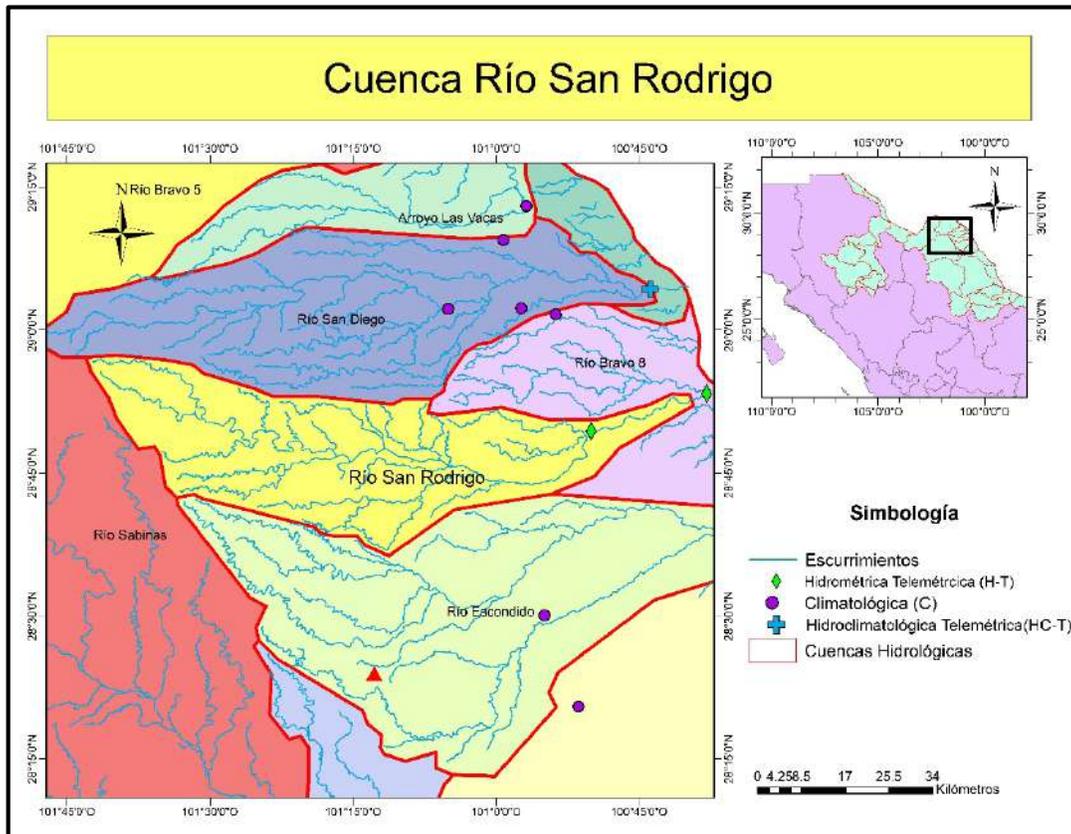


Figura 4.6 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río San Rodrigo.



4.1.4 Río Escondido

En la cuenca del Río Escondido, se localizan cinco estaciones, una climatológica convencional, una estación meteorológica automática, una estación hidroclimatológica telemétrica, un observatorio y una estación sinóptica meteorológica. La EMA se localiza en la parte alta de la cuenca; la estación climatológica convencional de ubica en la parte media y las demás estaciones están ubicadas en la salida de la cuenca. En la tabla 4.7 se presenta el resumen de las estaciones localizadas en esta cuenca y en la figura 4.7 se muestra la ubicación de cada una de ellas.

Tabla 4.7 Resumen de las estaciones de la cuenca del Río Escondido.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM | S A | EDO | R H | SUBCUENCA | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|------------------------------|-------|--------|-----|------|-----|---------------------------|---------------|--------|----------|---------------------|
| Zaragoza | C | 5074 | O | Coah | 24 | R. Bravo - A. San Antonio | | 28.501 | -100.916 | Ago - 1977-2012 |
| (SMN) Santa Cecilia | EMA | | O | Coah | 24 | R. Bravo - A. San Antonio | Río Escondido | 28.399 | -101.213 | 2004-2012 |
| (Cia) Río Escondido | HC-T | | O | Coah | 24 | R. Bravo - A. San Antonio | Río Escondido | 28.668 | -100.517 | 1999-2012 |
| Observatorio. Piedras Negras | O | 76243 | O | Coah | 24 | R. Bravo - A. San Antonio | | 28.684 | -100.549 | 1977-2012 |
| (SMN) Piedras Negras | ESIME | | O | Coah | 24 | R. Bravo - A. San Antonio | | 28.684 | -100.548 | 2012 |

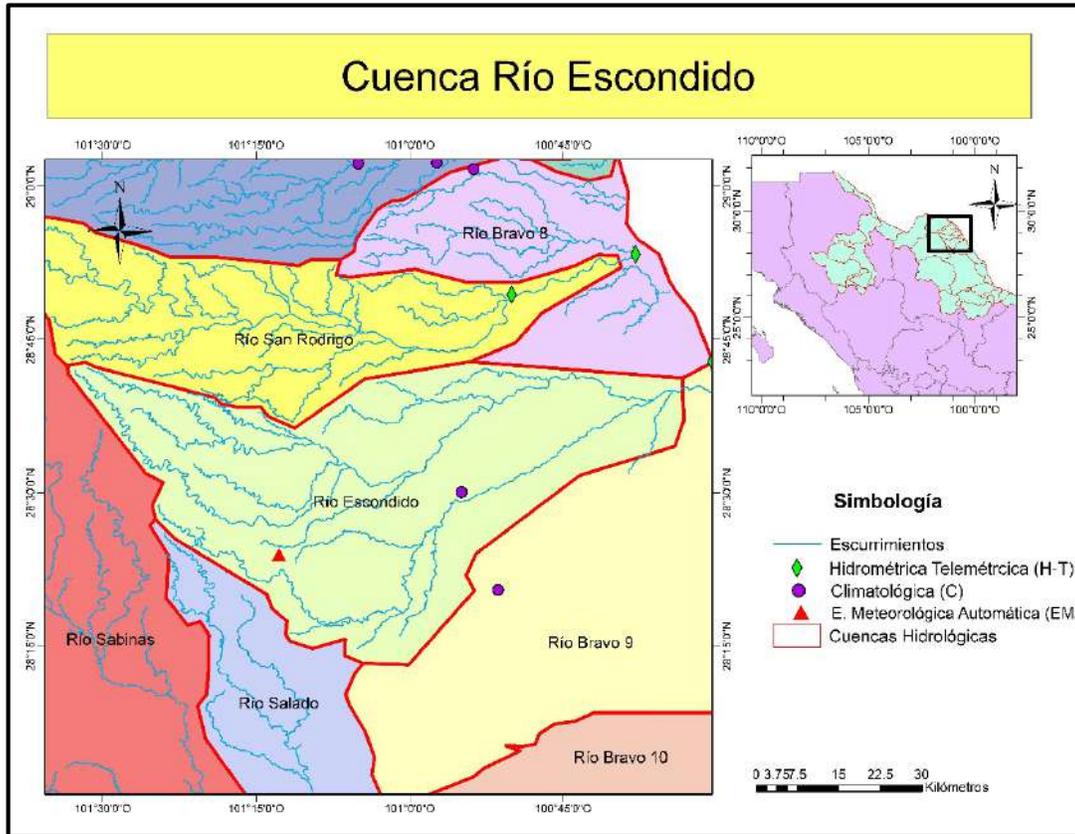


Figura 4.7 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río Escondido.



4.1.5 Río Salado

Para el monitoreo de la cuenca del Río Salado se cuenta con 16 estaciones climatológicas convencionales, dos climatológicas telemétricas, una estación meteorológica automática, una estación sinóptica meteorológica, dos estaciones hidrométricas y 2 estaciones hidrométricas telemétricas. Estas estaciones se encuentran en operación. En la tabla 4.8 se presenta el resumen de estas estaciones y en la figura 4.8 se muestran las ubicaciones de las mismas.



Tabla 4.8 Resumen de las estaciones localizadas en la cuenca del Río Salado.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM/ BANDAS | S A | EDO | R H | SUBCUENCA | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|---------------------------|-------|-------------------|-----|-------|-----|------------------------|-------------|--------|----------|------------------------|
| Candela | C | 5005 | O | Coah | 24 | A. Chapote | | 26.844 | -100.661 | May - 1967-2012 |
| Ejido Reata | C | 5011 | O | Coah | 24 | A. Huizache | | 26.127 | -101.077 | Jul - 1944-2012 |
| Juárez | C | 5045 | O | Coah | 24 | R. Sabinas | | 27.612 | -100.725 | Sep - 1943-2012 |
| Presa Venustiano Carranza | C | 5030 | O | Coah | 24 | P. Venustiano Carranza | | 27.521 | -100.618 | Jun - 1963-2012 |
| Anáhuac | C | 19024 | O | N. L. | 24 | R. Salado - Anáhuac | | 27.241 | -100.135 | 1943-2012 |
| Ejido Horcones | C | 19166 | O | N. L. | 24 | A. Chapote | | 27.169 | -100.41 | 1982-1997,2012 |
| Ejido Nuevo Rodríguez | C | 19152 | O | N. L. | 24 | R. Salado - Anáhuac | | 27.075 | -100.011 | 1990-1997,2012 |
| Garza Ayala | C | 19021 | O | N. L. | 24 | R. Sabinas Hidalgo | | 26.49 | -100.058 | 1967-2012 |
| La Popa | C | 19036 | O | N. L. | 24 | R. Salinas | | 26.163 | -100.826 | 1956-1997,2012 |
| Lampazos | C | 19028 | O | N. L. | 24 | A. Chapote | | 27.01 | -100.51 | 1972-2012 |
| Sabinas Hidalgo | C | 19133 | O | N. L. | 24 | R. Sabinas Hidalgo | | 26.51 | -100.193 | 1979-2012 |
| Salinillas | C | 19055 | O | N. L. | 24 | R. Salado - Anáhuac | | 27.425 | -100.37 | 1943-2012 |
| San Carlos | C | 19262 | O | N. L. | 24 | R. Sabinas Hidalgo | | 26.571 | -99.796 | 1984-2012 |
| Sierra Morena | C | 19178 | O | N. L. | 24 | A. Huizache | | 26.528 | -100.512 | 1979-2012 |
| Vallecillo | C | 19063 | O | N. L. | 24 | A. Zacatecas | | 26.664 | -99.986 | 1956-2012 |
| Villaldama | C | 19141 | O | N. L. | 24 | A. Huizache | | 26.504 | -100.429 | 1979-2012 |
| Anáhuac MS | C-T | | O | N. L. | 24 | R. Salado - Anáhuac | | 27.241 | -100.135 | 2013 |
| Sabinas Hidalgo M | C-T | | O | N. L. | 24 | R. Sabinas Hidalgo | | 26.51 | -100.193 | 2013 |
| (SMN) V Carranza | EMA | | O | Coah | 24 | P. Venustiano Carranza | | 27.526 | -100.62 | 2008-2012 |
| Candela | ESIME | | O | Coah | 24 | A. Chapote | | 26.844 | -100.661 | 2012 |
| Candela | H | 24150 | O | Coah | 24 | A. Chapote | Río Candela | 26.841 | -100.66 | 1967/2012 |
| Rodríguez | H | 24038 | O | N. L. | 24 | R. Salado - Anáhuac | Río Salado | 27.234 | -100.139 | 1943-2012 |
| Presa Venustiano Carranza | H-T- | | O | Coah | 24 | P. Venustiano Carranza | Río Salado | 27.52 | -100.616 | 2008-2012 |
| (Cila) El Puente | H-T | | O | N. L. | 24 | P. Falcón | Río Salado | 26.84 | -99.552 | 1999-2012 |

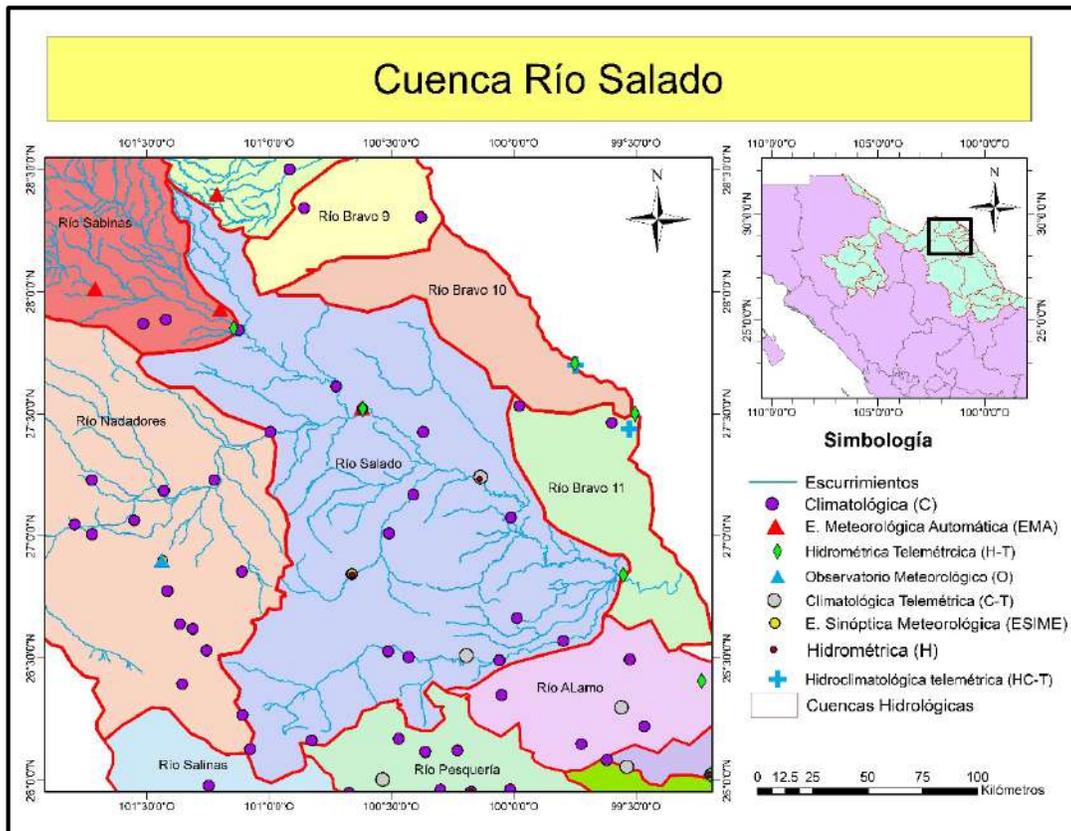


Figura 4.8 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río Salado.



4.1.5.1 Río Sabinas

La cuenca del Río Sabinas, cuenta con cuatro estaciones climatológicas convencionales, dos estaciones meteorológicas automáticas y una estación hidrométrica telemétrica. De estas estaciones solo una climatológica convencional se ubica en la parte alta de la cuenca, mientras que las demás se ubican en la parte baja de ésta. Una de las estaciones meteorológicas automáticas se encuentra en mantenimiento y las demás están en operación. En la tabla 4.9 se presenta el resumen de las estaciones localizadas dentro de esta cuenca mientras que en la figura 4.9 se muestra la ubicación de cada una de ellas.

Tabla 4.9 Resumen de estaciones localizadas dentro de la cuenca del Río Sabinas.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM | S A | EDO | R H | SUBCUENCA | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|--------------------------|------|--------|-----|------|-----|-----------------|-------------|--------|----------|---------------------|
| Múzquiz | C | 5020 | O | Coah | 24 | R. Sabinas | | 27.868 | -101.515 | Jul - 1933-2012 |
| Palau | C | 5156 | O | Coah | 24 | R. Sabinas | | 27.885 | -101.422 | Dic - 1980-2012 |
| Sabinas | C | 5033 | O | Coah | 24 | R. Sabinas | | 27.843 | -101.124 | Jun - 1941-2012 |
| Santa Teresa de la Rueda | C | 5178 | O | Coah | 24 | Cuatro Ciénegas | | 27.98 | -102.694 | Abr - 1979-2012 |
| (SMN) Morelos - Múzquiz | EMA | | M | Coah | 24 | R. Sabinas | Río Sabinas | 28.013 | -101.711 | 2007-2012 |
| (SMN) Nueva Rosita | EMA | | O | Coah | 24 | R. Álamos | Río Salado | 27.929 | -101.199 | 2004-2012 |
| Sabinas | H-T | | O | Coah | 24 | R. Sabinas | Río Sabinas | 27.85 | -101.145 | |

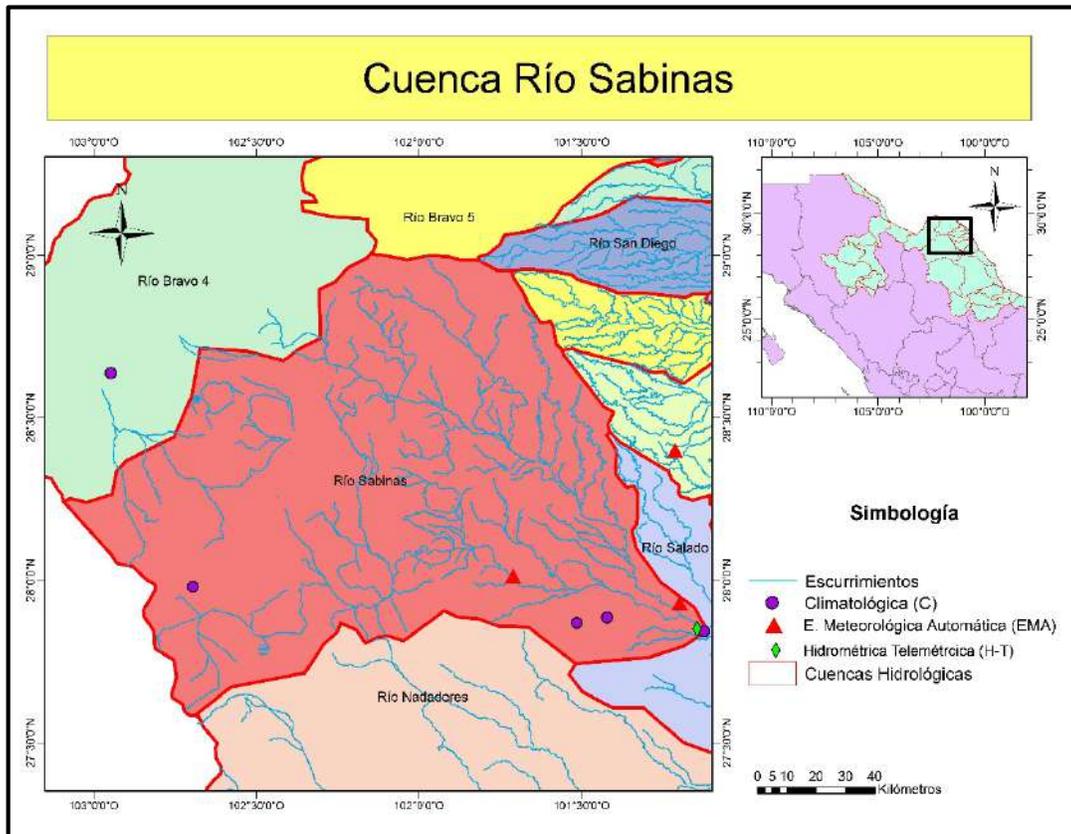


Figura 4.9 Localización de estaciones dentro de la cuenca Río Sabinas.



4.1.5.2 Río Nadadores

En la cuenca del Río Nadadores, se cuenta con 16 estaciones climatológicas convencionales, dos estaciones sinópticas meteorológicas, un observatorio y una estación meteorológica automática. Una de las estaciones sinópticas meteorológicas se encuentra fuera de operación y una climatológica convencional suspendida para rehabilitación. En la tabla 4.10 se muestra el resumen de las estaciones de esta cuenca mientras que en la figura 4.10 se presenta la ubicación de estas.



Tabla 4.10 Resumen de las estaciones localizadas en la cuenca del Río Nadadores.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM | S A | EDO | R H | SUBCUENCA | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|--------------------------|-------|--------|------|-------|-----|------------------------|--------|----------|---------------------|
| 1o de mayo | C | 5147 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 27.229 | -101.224 | Ene - 1980-2012 |
| Abasolo | C | 5150 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 27.185 | -101.43 | Ene -1982-2012 |
| Bajan | C | 5152 | O | Coah | 24 | A. Huizache | 26.531 | -101.256 | May - 1982-2012 |
| Castaños | C | 5153 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 26.774 | -101.416 | Mar - 1981-2012 |
| Cuatro Ciénegas | C | 5055 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 26.985 | -102.066 | Jul - 1941 - 2012 |
| El Gato | C | 5163 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 27.229 | -101.724 | Ene - 1982-2012 |
| El Marqués | C | 5167 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 26.639 | -101.364 | Ene - 1982-2012 |
| El Tanquito | C | 5158 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 26.62 | -101.311 | Ene - 1982-2012 |
| Lamadrid | C | 5155 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 27.046 | -101.795 | Ene - 1982-2012 |
| Ocampo | C | 5022 | O | Coah | 24 | Cuatro Ciénegas | 27.309 | -102.396 | Ene - 1961-2012 |
| Progreso | C | 5031 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 27.425 | -100.995 | Abr - 1947-2012 |
| Sacramento | C | 5171 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 27.007 | -101.723 | Feb - 1982-2012 |
| Salitrillos | C | 5179 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 26.854 | -101.11 | Sep - 1984-2012 |
| San Francisco | C | 5164 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 27.064 | -101.552 | Feb - 1982-2012 |
| Santa Teresa de Castaños | C | 5038 | O | Coah | 24 | A. Huizache | 26.394 | -101.354 | Ene - 1969-2012 |
| Espinazo (SMN) Monclova | C | 19119 | SR | N. L. | 24 | A. Huizache | 26.266 | -101.108 | 1980-2012 |
| Ocampo | ESIME | | F.O. | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 26.9 | -101.434 | 2012 |
| Observatorio Monclova | ESIME | | O | Coah | 24 | Cuatro Ciénegas | 27.186 | -102.238 | 2012 |
| (SMN) Cuatro Ciénegas | O | 76342 | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 26.9 | -101.439 | 1977-2012 |
| | EMA | | O | Coah | 24 | R. Salado de Nadadores | 26.99 | -102.038 | 2008-2012 |

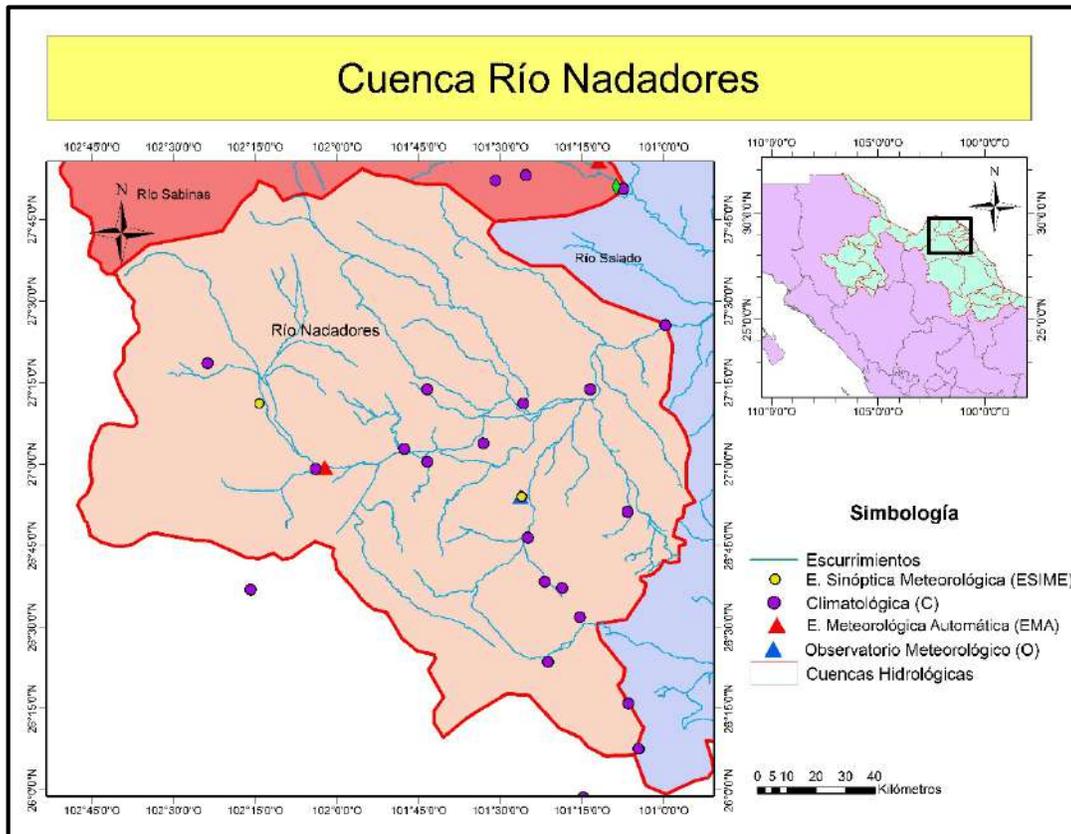


Figura 4.10 Localización de las estaciones dentro de la cuenca del Río Nadadores.



4.2 Cuenca Río Conchos

4.2.1 Río Conchos 1

La sub-cuenca del Río Conchos 1 cuenta con cinco estaciones, tres de ellas son climatológicas convencionales, las cuales se encuentran en la parte media y baja de la sub-cuenca. Se cuenta con una estación hidrológica-telemétrica automática se ubica en la presa la Boquilla a la salida de la sub-cuenca y por último se tiene una estación hidrométrica-telemétrica automática que se encuentra en la parte media de la sub-cuenca. Actualmente todas las estaciones mencionadas solo una estación climatológica convencional se encuentra suspendida para rehabilitación. En la tabla 4.11 se presenta el resumen de estas estaciones, y en la figura 4.11 se muestra la ubicación de las mismas.

Tabla 4.11 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Conchos 1.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM | S A | EDO | MUNICIPIO | R H | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|-------------------|------|--------|-----|------|---------------------|-----|-------------|-------------|--------------|---------------------|
| Balleza | C | 8264 | S.R | Chih | Balleza | 24 | Río Balleza | 26° 57' 19" | 106° 20' 47" | 1998-2012 |
| Esc. Sec. Tec. 18 | C | 8404 | O | Chih | Valle de Zaragoza | 24 | Río Conchos | 27° 27' 45" | 105° 48' 16" | 2000-2012 |
| Valle de Zaragoza | C | 8153 | O | Chih | Zaragoza | 24 | Río Conchos | 27° 27' 17" | 105° 48' 26" | 1967-2012 |
| Boca del Río | HC-T | | O | Chih | Valle de Rosario | 24 | Río Conchos | 27° 26' 50" | 106° 13' 11" | 2008-2012 |
| Presa La Boquilla | H-T | | O | Chih | San Fco. De Conchos | 24 | Río Conchos | 27° 32' 41" | 105° 24' 46" | 2003-2012 |

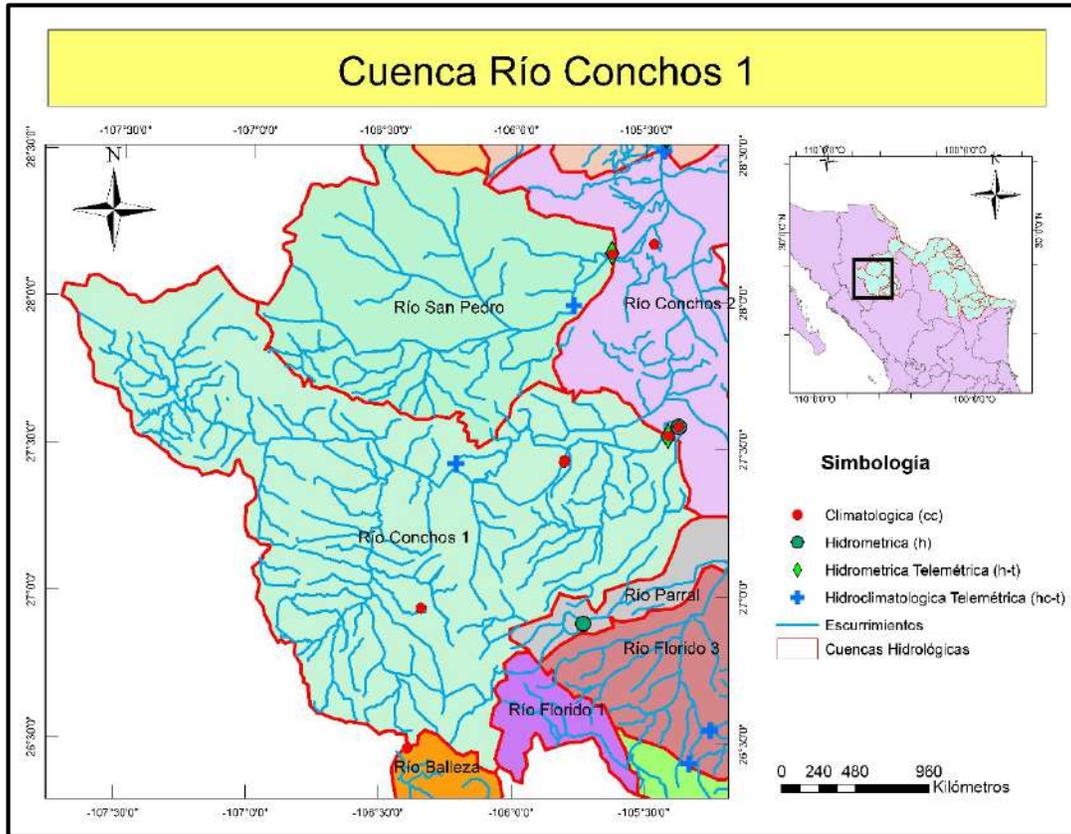


Figura 4.11 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Conchos 1.



4.2.2 Río Conchos 2

En la sub-cuenca del Río Conchos 2 se cuenta con diez estaciones, cinco de ellas son climatológicas convencionales, las cuales se encuentran tres en la parte media, 1 en la parte baja y 1 en la parte alta de la sub-cuenca. Se cuenta con tres estaciones hidrológico-telemétrico automáticas distribuidas en la parte alta, media y baja de la sub-cuenca. Además, se cuenta en la sub-cuenca con dos estaciones hidrométricas convencionales, las cuales se encuentran en la parte alta y media de la sub-cuenca. Actualmente todas las estaciones mencionadas se encuentran en operación. En la tabla 4.12 se presenta el resumen de estas estaciones, y en la figura 4.12 se muestra la ubicación de las mismas.

Tabla 4.12 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Conchos 2.

| NOMBRE | TIPO | CLICO M/BAN DAS | S A | EDO | MUNICIPIO | R H | CORRIEN TE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|-------------|------|-----------------------|-----|------|-----------------------------|-----|------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| Camargo | C | 8025 | O | Chih | Camargo | 24 | Río Conchos | 27° 41' 11" | 105° 10' 19" | 1941-2012 |
| Colina | C | 8311 | O | Chih | San Francisco de Conchos | 24 | Río Conchos | 27° 34' 39" | 105° 22' 19" | 1945-2012 |
| Delicias | C | 8044 | O | Chih | Delicias | 24 | Río San Pedro | 28° 11' 52" | 105° 28' 02" | 1944-2012 |
| Jiménez 1 | C | 8081 | O | Chih | Jiménez | 24 | Río Florido | 27° 08' 27" | 104° 54' 52" | 1949-2012 |
| La Boquilla | C | 8085 | O | Chih | San Francisco de Conchos | 24 | Río Conchos | 27° 32' 50" | 105° 24' 36" | 1949-2012 |
| Colina | H | 24077 | O | Chih | San Francisco de Conchos | 24 | Río Conchos | 27° 34' 38" | 105° 22' 17" | 1945-2012 |
| Jiménez | H | 24225 | O | Chih | Jiménez | 24 | Río Florido | 27° 08' 27" | 104° 54' 52" | 1949-2012 |
| Colina | HC-T | HC-T | O | Chih | San Francisco de Conchos | 24 | Río Conchos | 27° 34' 38" | 105° 22' 17" | 2008-2012 |
| Jiménez | HC-T | HC-T | O | Chih | Jiménez | 24 | Río Florido | 27° 08' 27" | 104° 54' 52" | 2008-2012 |
| Las Burras | HC-T | HC-T | O | Chih | Julimes | 24 | Río Conchos | 28° 30' 52" | 105° 25' 54" | 2008-2012 |

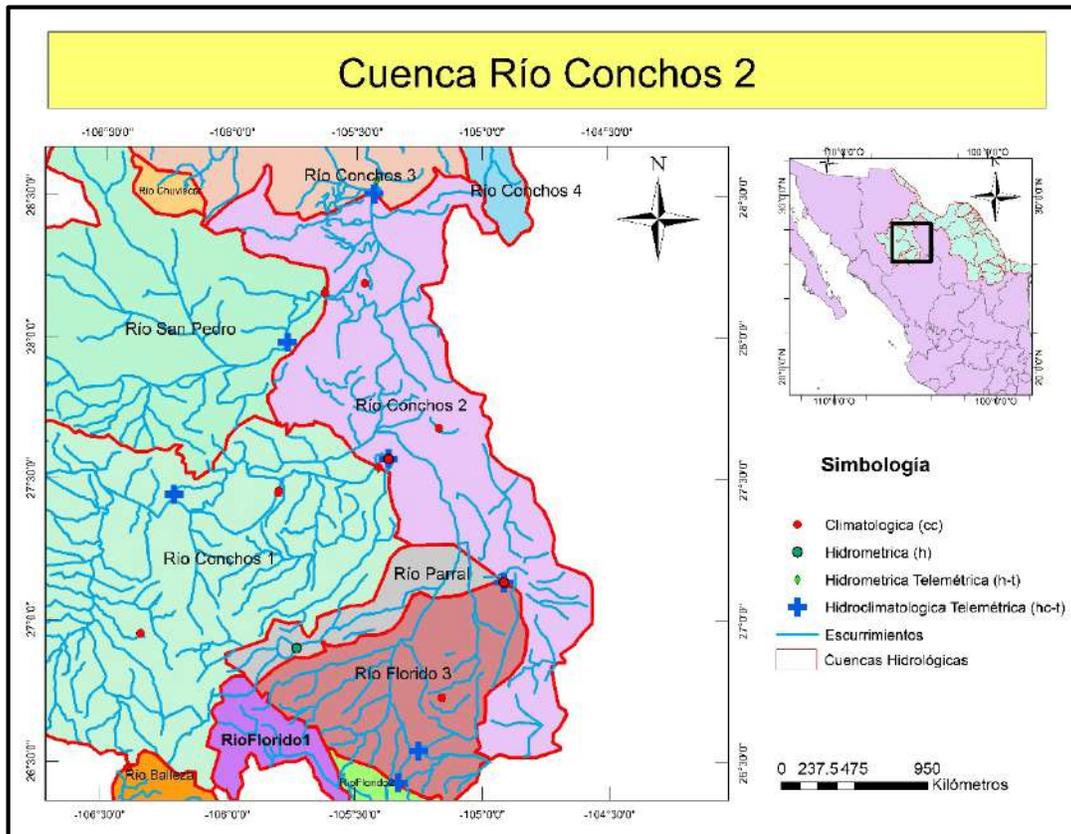


Figura 4.12 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Conchos 2.



4.2.3 Río Conchos 3

La sub-cuenca del Río Conchos 3 cuenta con seis estaciones, tres de ellas son climatológicas convencionales, las cuales se encuentran dos en la parte media y una en la baja de la sub-cuenca. Se cuenta con una estación hidrológico-telemétrica automática ubicada en la parte baja, en la presa Granero en la salida de la sub-cuenca. Además, se cuenta en la sub-cuenca con una estación hidrométrica convencional en la salida de la presa antes mencionada. También, se tiene una estación hidrométrica telemétrica automática ubicada en la parte baja de la sub-cuenca. Actualmente de todas estas estaciones solo la estación hidrométrica telemétrica, mencionada en última instancia, se encuentra fuera de operación. En la tabla 4.13 se presenta el resumen de estas estaciones, y en la figura 4.13 se muestra la ubicación de las mismas.

Tabla 4.13 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Conchos 3.

| NOMBRE | TIPO | CLICO M/BAN DAS | S A | EDO | MUNICIP IO | R H | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|--------------------------|------|-----------------------|------|------|---------------|-----|---------------|-------------|-----------------|------------------------|
| Ceiss | C | 8405 | O | Chih | Aldama | 24 | Río Chuviscar | 28° 51' 09" | 105° 52' 02" | 2000-2012 |
| La Mesa | C | 8270 | O | Chih | Aldama | 24 | Río Chuviscar | 28° 46' 33" | 105° 57' 48" | 1975-2012 |
| Luis L. León | C | 8401 | O | Chih | Aldama | 24 | Río Conchos | 28° 59' 03" | 105° 16' 51" | 1964-2012 |
| Luis L. León | H | 24339 | O | Chih | Aldama | 24 | Río Conchos | 28° 59' 01" | 105° 16' 50" | 1964-2012 |
| Presa Granero | HC-T | HC-T | O | Chih | Aldama | 24 | Río Conchos | 28° 59' 03" | 105° 16' 51" | 2008-2012 |
| Babisas | H-T | H-T | F.O. | Chih | Julimes | 24 | Río Conchos | 28° 33' 49" | 105° 25' 17" | 2008-2012 |

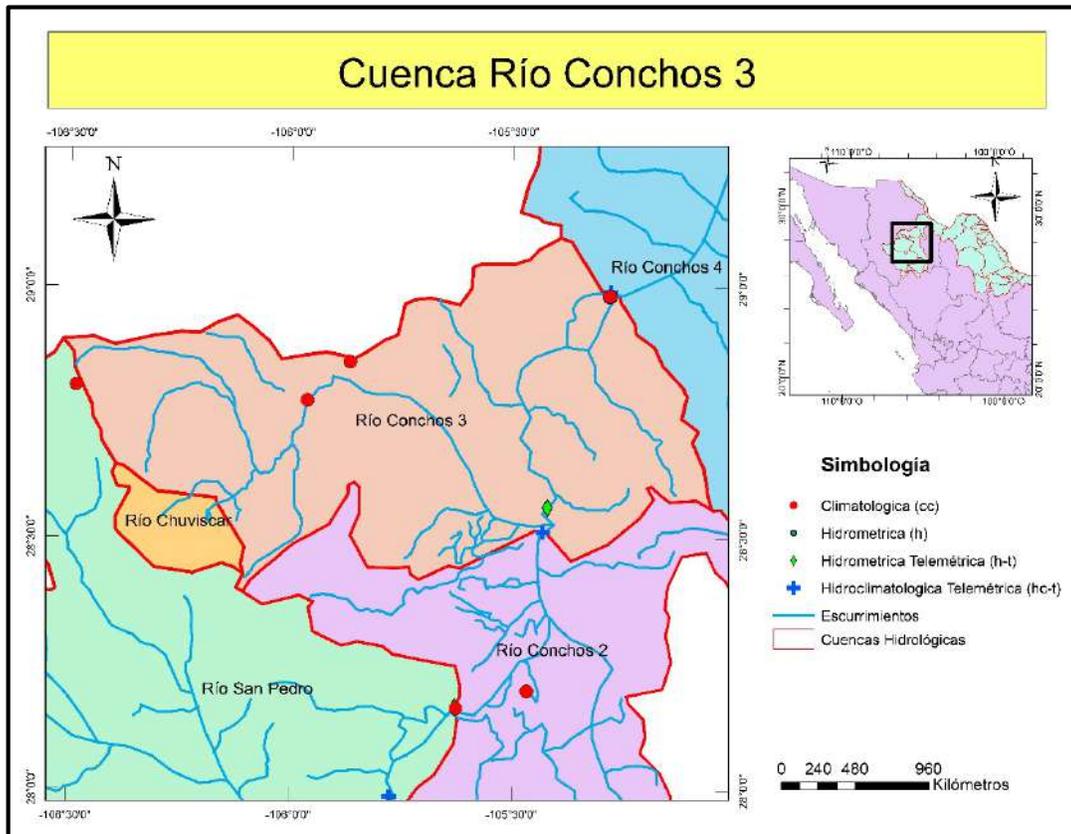


Figura 4.13 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Conchos 3.



4.2.4 Río Conchos 4

En la sub-cuenca del Río Conchos 4 se cuenta con tres estaciones, una de ellas es climatológica convencional, la cual se encuentran en la parte alta de la sub-cuenca. Se cuenta con una estación hidrológica-telemétrica automática ubicada en la entrada de la sub-cuenca. Además, se cuenta en la sub-cuenca con una estación hidrométrica telemétrica automática en la parte baja. Actualmente de las estaciones mencionadas solo la estación climatológica convencional se encuentra suspendida para rehabilitación. En la tabla 4.14 se presenta el resumen de estas estaciones, y en la figura 4.14 se muestra la ubicación de las mismas.

Tabla 4.14 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Conchos 3.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM /BANDAS | S A | EDO | MUNICIPIO | R H | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|-------------------|------|----------------|-----|------|------------------|-----|--------------------------|-------------|--------------|---------------------|
| Coyame | C | 8037 | SR | Chih | Coyame del Sotol | 24 | Río Conchos | 29° 27' 37" | 105° 05' 34" | 1981-2012 |
| H. Granero | HC-T | HC-T | O | Chih | Aldama | 24 | Río Conchos | 28° 59' 34" | 105° 16' 44" | 2008-2012 |
| Pegüis | H-T | H-T | O | Chih | Ojinaga | 24 | Arroyo Santa Fe del Pino | 29° 30' 07" | 104° 44' 35" | 2008-2012 |

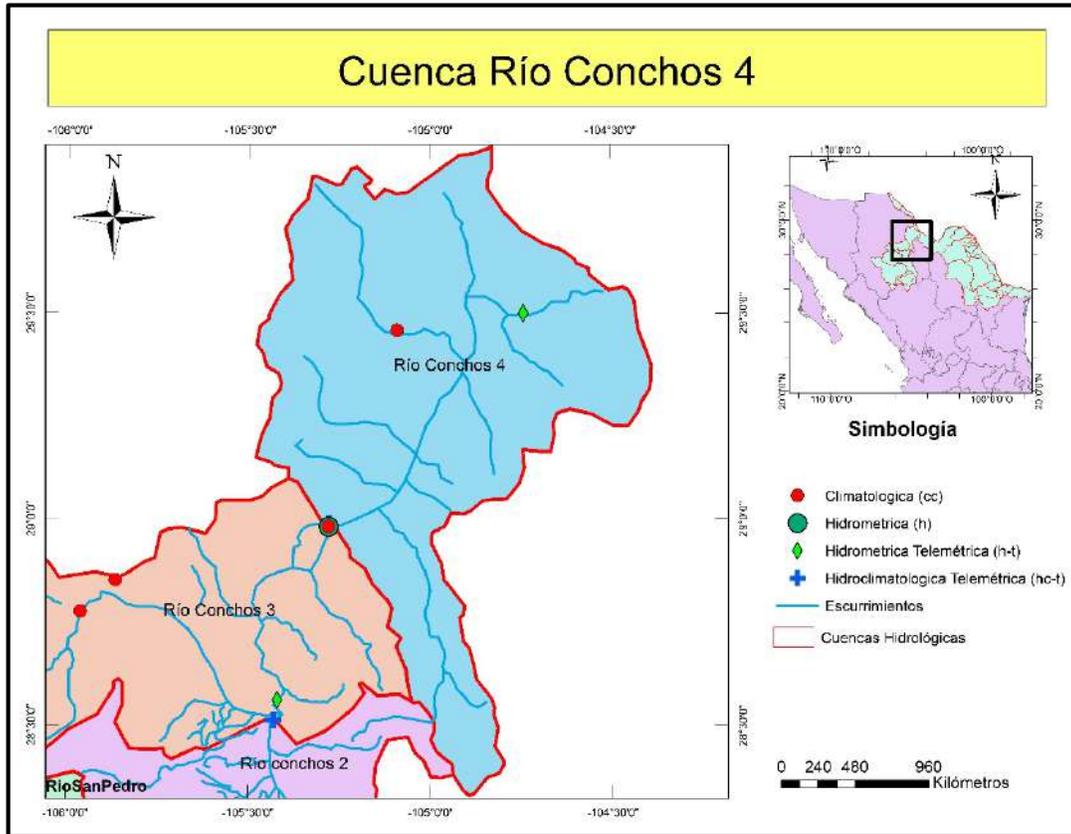


Figura 4.14 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Conchos 4.



4.2.5 Río Chuviscar

Actualmente la sub-cuenca del Río Chuviscar, que es la de menor extensión, no cuenta con estaciones hidroclimatológicas.

4.2.6 Río San Pedro

La sub-cuenca del Río San Pedro cuenta con cuatro estaciones, dos de ellas son de tipo climatológicas convencionales, de las cuales una se encuentra en la parte alta de la sub-cuenca y la otra en la parte baja de la cuenca, en la salida de la sub-cuenca después de la presa Francisco I. Madero. Además, se cuenta en la sub-cuenca con una estación hidrométrica telemétrica automática en la parte baja de la sub-cuenca en la presa antes mencionada. También, se tiene una estación hidrológica telemétrica automática en la parte baja de la sub-cuenca. Actualmente todas las estaciones mencionadas se encuentran en operación. En la tabla 4.15 se presenta el resumen de estas estaciones, y en la figura 4.15 se muestra la ubicación de las mismas.

Tabla 4.15 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río San Pedro.

| NOMBRE | TIPO | CLICO M/ BA NDAS | S A | EDO | MUNICIPIO | R H | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|---------------------------------|------|---------------------------|-----|------|-----------|-----|------------------|----------------|-----------------|------------------------|
| Francisco I. Madero | C | 8202 | O | Chih | Rosales | 24 | Río San Pedro | 28° 09' 47" | 105° 37' 34" | 1944-2012 |
| Majalca | C | 8099 | O | Chih | Chihuahua | 24 | Río Chuviscar | 28° 48' 12" | 106° 29' 09" | 1963-2012 |
| Villalba | HC-T | HC-T | O | Chih | Rosales | 24 | Río Conchos | 27° 59' 15" | 105° 46' 28" | 2008-2012 |
| Presa Francisco I. Madero | H-T | H-T | O | Chih | Rosales | 24 | Río San Pedro | 28° 09' 59" | 105° 37' 44" | 2008-2012 |

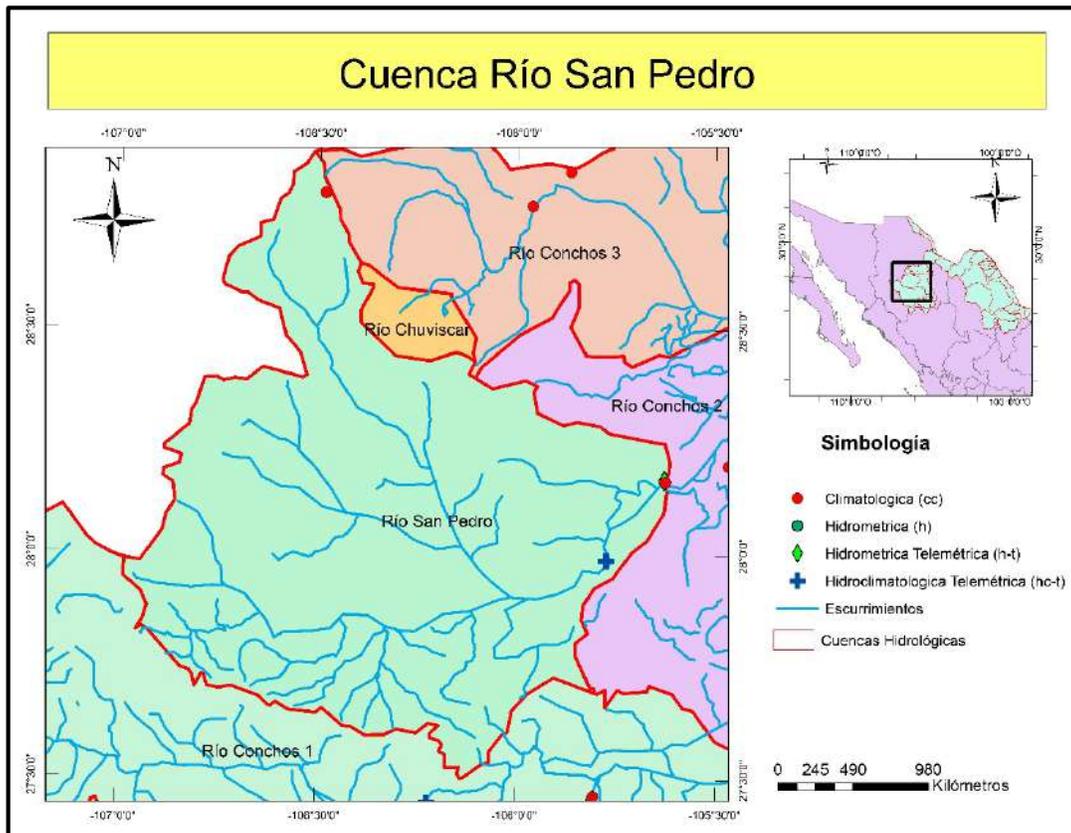


Figura 4.15 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río San Pedro.



4.2.7 Río Parral

La sub-cuenca del Río Parral cuenta con solo una estación. Esta estación es de tipo hidrométrica convencional y se encuentra en la parte alta de la sub-cuenca en la presa Parral. Actualmente la estación se encuentra en operación. En la tabla 4.16 se presenta el resumen de las características de esta estación, y en la figura 4.16 se muestra la ubicación de las mismas.

Tabla 4.16 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Parral.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM/ BANDAS | S A | EDO | MUNICIPI O | R H | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|-----------------|------|-------------------|-----|------|------------------|-----|------------|----------------|-----------------|------------------------|
| Presa Parral | H | 24346 | O | Chih | Santa Bárbara | 24 | Río Parral | 26° 54' 25" | 105° 43' 53" | 1940-2012 |

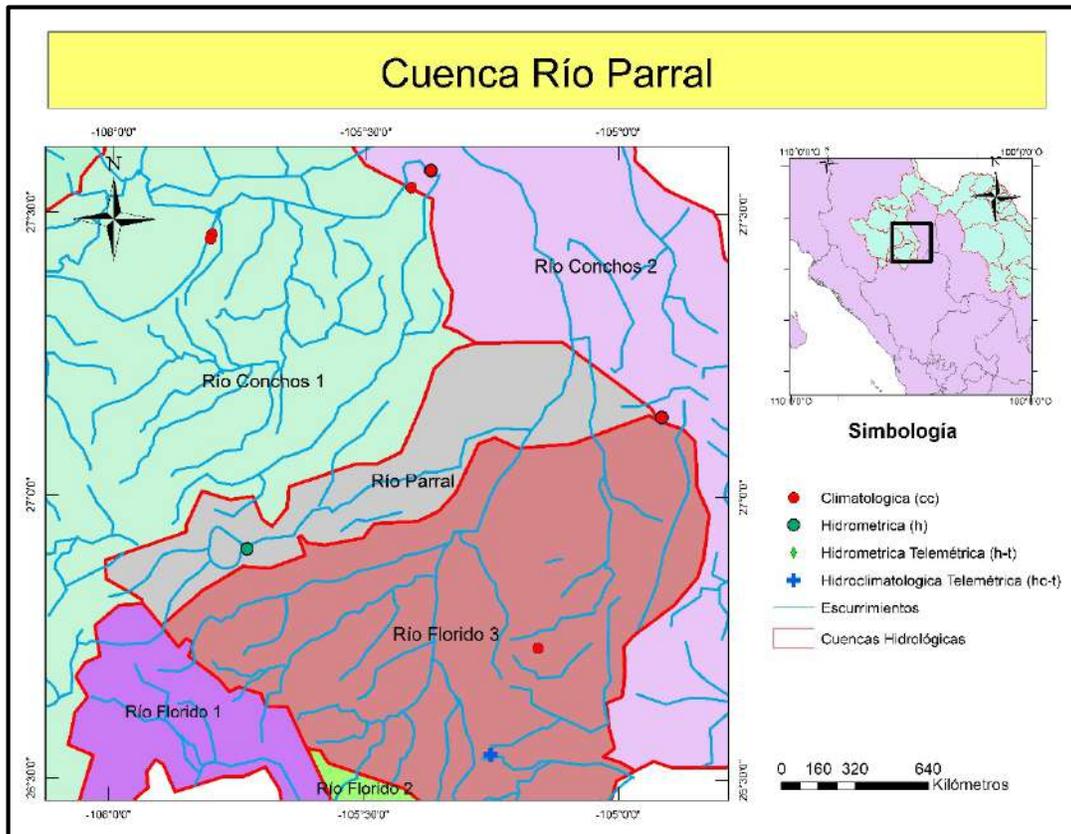


Figura 4.16 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Parral.



4.2.8 Río Balleza

La sub-cuenca del Río Balleza cuenta con una estación que es de tipo climatológica convencional la cual se encuentran en la parte baja de la cuenca. Actualmente esta estación se encuentra en operación. En la tabla 4.17 se presenta las características principales de esta estación, y en la figura 4.17 se muestra la ubicación de la misma.

Tabla 4.17 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Balleza.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM/ BANDAS | S A | EDO | MUNICIPIO | R H | CORRIEN TE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|-----------|------|-------------------|-----|------|-----------|-----|----------------|----------------|-----------------|------------------------|
| El Vergel | C | 8061 | O | Chih | Balleza | 24 | Río Balleza | 26° 28' 44" | 106° 23' 34" | 1956-2012 |

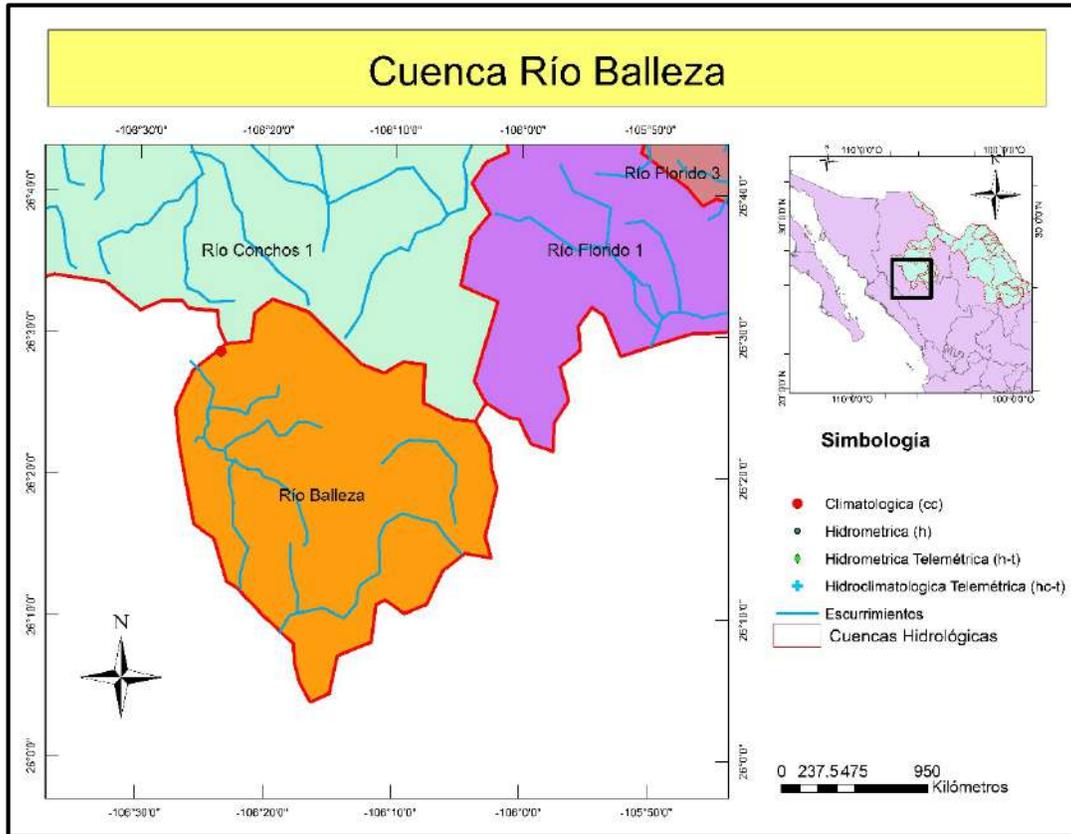


Figura 4.17 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Balleza.



4.2.9 Río Florido 1

Actualmente la sub-cuenca del Río Florido 1 no cuenta con estaciones hidroclimatológicas.

4.2.10 Río Florido 2

Actualmente la sub-cuenca del Río Florido 2 no cuenta con estaciones hidroclimatológicas.

4.2.11 Río Florido 3

La sub-cuenca del Río Florido 3 cuenta con tres estaciones, una de ellas es de tipo climatológica convencional, la cual se encuentra en la parte media de la sub-cuenca. Además, se cuenta en la sub-cuenca con dos estaciones hidrológicas telemétricas automáticas en la parte alta de la sub-cuenca, una de ellas en la presa Pico del Águila. Actualmente todas las estaciones mencionadas se encuentran en operación. En la tabla 4.18 se presenta el resumen de estas estaciones, y en la figura 4.18 se muestra la ubicación de las mismas.

Tabla 4.18 Resumen de las estaciones en la sub-cuenca del Río Florido 3.

| NOMBRE | TIPO | CLICOM/ BANDAS | S A | EDO | MUNICIPIO | R H | CORRIENTE | LAT | LONG | PERIODO DE REGISTRO |
|--------------------------|------|-------------------|-----|------|-----------|-----|-------------|----------------|-----------------|---------------------------|
| Villa Coronado | C | 8156 | O | Chih | Coronado | 24 | Río Florido | 26° 43' 59" | 105° 09' 30" | 1998-2012 |
| Presa Pico del Águila | HC-T | HC-T | O | Chih | Coronado | 24 | Río Florido | 26° 32' 42" | 105° 15' 02" | 2008-2012 |
| San Antonio | HC-T | HC-T | O | Dgo | Ocampo | 24 | Río Florido | 26° 25' 57" | 105° 19' 50" | 2008-2012 |

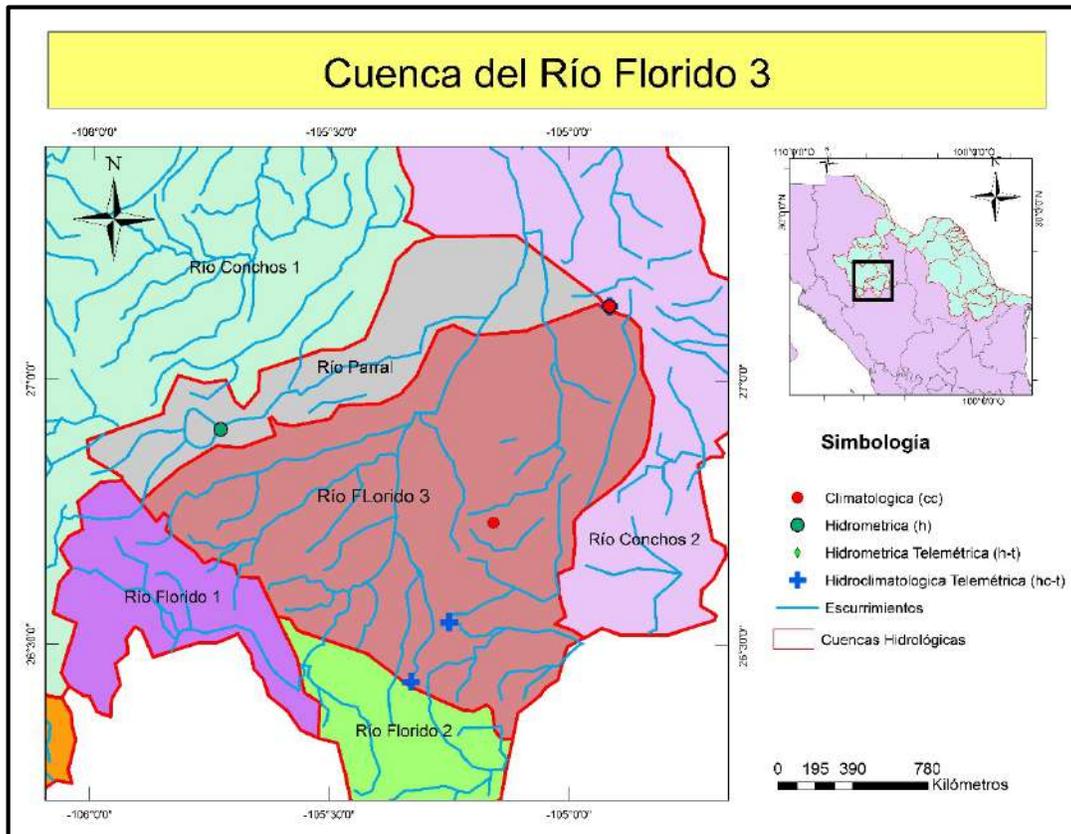


Figura 4.18 Localización de las estaciones dentro de la sub-cuenca del Río Florido 3.



4.3 Áreas de influencia de las estaciones.

En cuanto a la densidad recomendada por la OMM de las estaciones en las que se mide la precipitación, de acuerdo a la tabla 2.3, encontramos que para las estaciones con pluviómetros (no registradora) el área de influencia de cada una de éstas es de 575 kilómetros cuadrados con un radio 13.53 kilómetros, considerando una unidad fisiográfica de monte/ondulaciones; mientras que para una estación con pluviógrafo (registradora) el área de influencia alcanza 5,750 kilómetros cuadrados con un radio de 42.78 kilómetros de igual forma considerando una unidad fisiográfica de monte/ondulaciones. Así mismo, para las estaciones registradoras localizadas en zona urbana el área de influencia es de 20 kilómetros cuadrados con un radio de 2.52 kilómetros.

En la figura 4.19 y 4.20 se muestran los tipos de climas presentes dentro de las zonas de estudio. Estos son de acuerdo a la clasificación presentada por Köppen y modificada por Enriqueta García. En esta se puede observar que la variación de climas presentes en esta zona va desde semiárido en la mayor parte hasta muy árido en una porción pequeña de la zona.

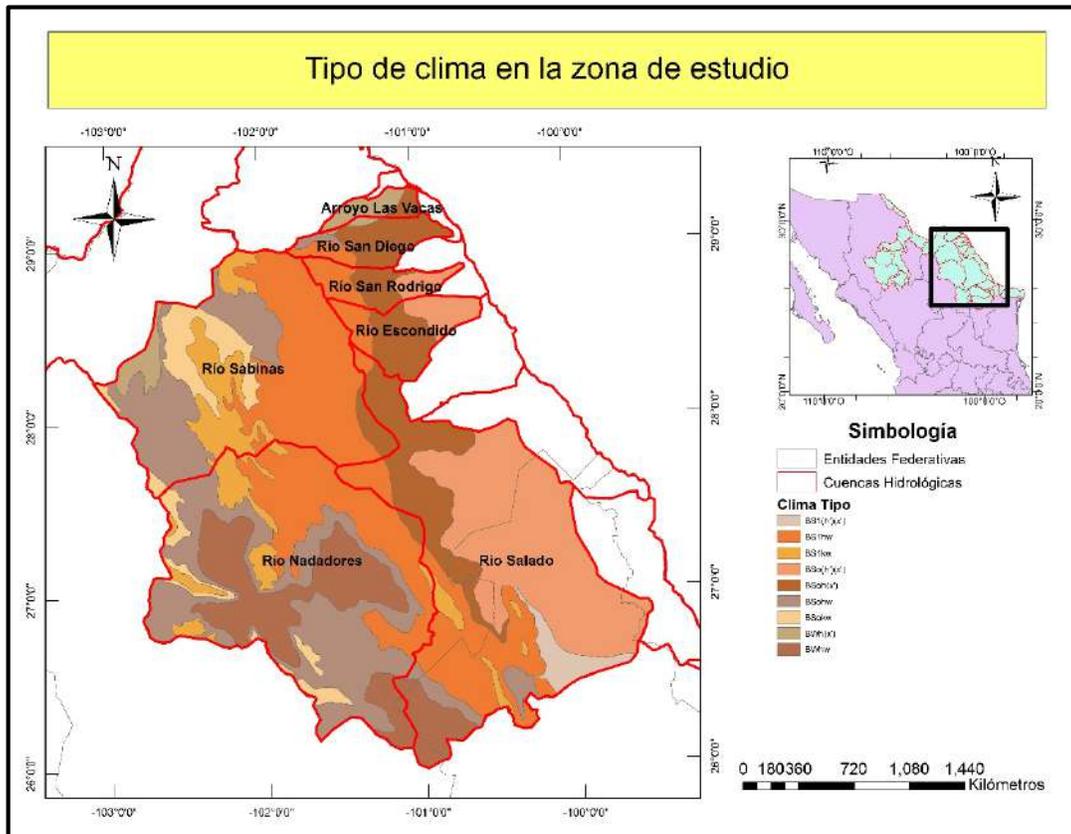


Figura 4.19 Tipos de climas presentes en la zona de estudio Cinco Tributarios.

Tabla 4.19 Descripción de la clasificación de climas según Köppen y modificada por Enriqueta García.

| TIPO DE CLIMA | DESCRIPCIÓN DE TEMPERATURAS | DESCRIPCIÓN DE PRECIPITACIÓN |
|--------------------|--|---|
| BWh(x') | Muy árido, semicálido, temperatura media anual entre 18° y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. | Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. |
| BS1k"w | Semiárido, semifrío temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. |
| BSoh(x') | Árido, semiárido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. | Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| Cb'(w2)x' | Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. |
| BS1kw | Semiárido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| BS1hw | Semiárido, semiárido, temperatura media anual mayor de 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| BSoh'(x') | Árido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. | Lluvias repartidas todo el año, y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. |
| C(wo) | Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T menor de 43.2 y porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| BWkw | Muy árido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente menor de 22°C. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| Cb'(w1)x' | Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. |
| C(w1)x' | Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal mayor al 10.2% del total anual. |
| BSokw | Árido, templado, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C. | Lluvias de verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5% y 10.2% del total anual. |
| BS1(h')(x') | Semiárido, cálido, temperatura media anual mayor de 22°C, temperatura del mes más frío mayor de 18°C. | Lluvias repartidas todo el año y porcentaje de lluvia invernal mayor al 18% del total anual. |
| C(w1) | Templado, subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano con índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| Cb'(w2) | Semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C. | Precipitación en el mes más seco menor de 40 mm; lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| BSohw | Árido, semicálido, temperatura entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |
| BWhw | Muy árido, semicálido, temperatura media anual entre 18°C y 22°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más caliente mayor de 22°C. | Lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual. |

4.3.1 Estaciones climatológicas convencionales.

4.3.1.1 Cinco Tributarios

Las estaciones climatológicas convencionales, son consideradas como no registradores, esto implica que el área de influencia de cada una de ellos sea de 575 kilómetros cuadrados con un radio de 13.53 kilómetros. En la figura 4.21 se muestra el área de influencia de las estaciones, teniendo que las cuencas del Río Nadadores y Río Salado, cuentan con una cobertura distribuida en todas sus áreas de aportación.

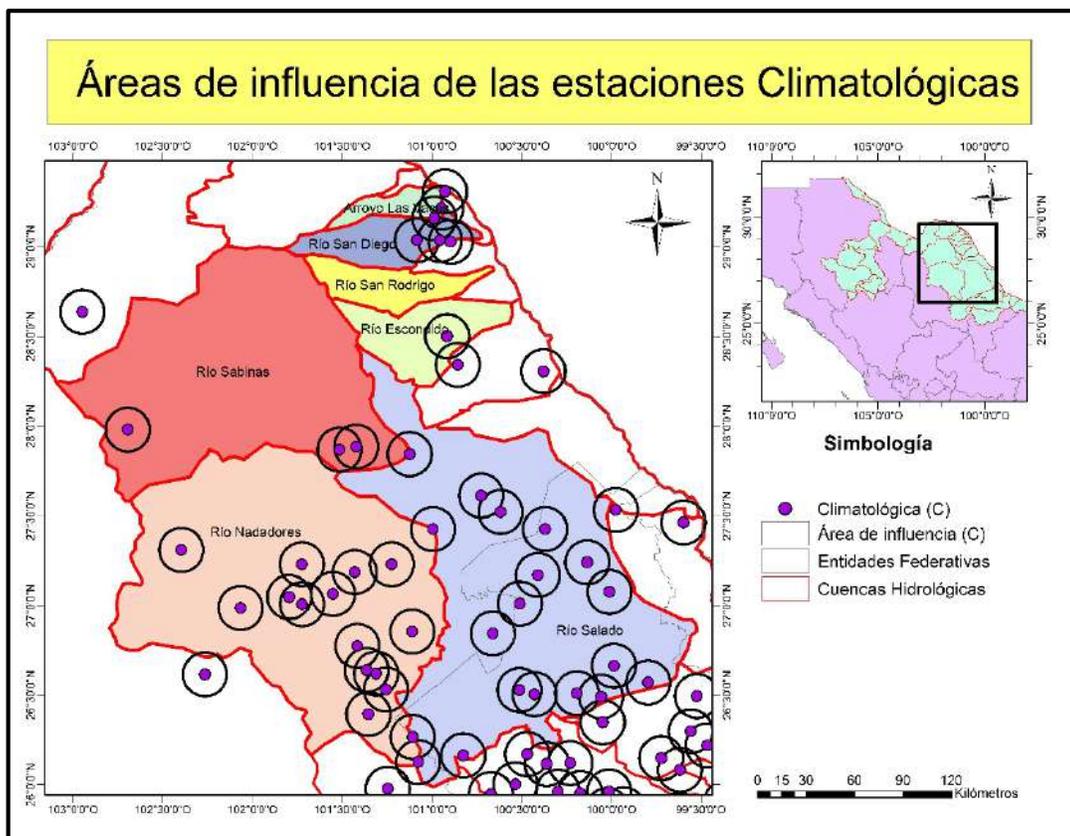


Figura 4.21 Cobertura de las estaciones climatológicas convencionales.

4.3.1.2 Cuenca Río Conchos

Las estaciones climatológicas convencionales, son consideradas como no registradores, esto implica que el área de influencia de cada una de ellos sea de 575 kilómetros cuadrados con un radio de 13.53 kilómetros. En la figura 4.22 se muestra el área de influencia de las estaciones, teniendo un déficit en las cuencas de Río San Pedro y Río Conchos 1.

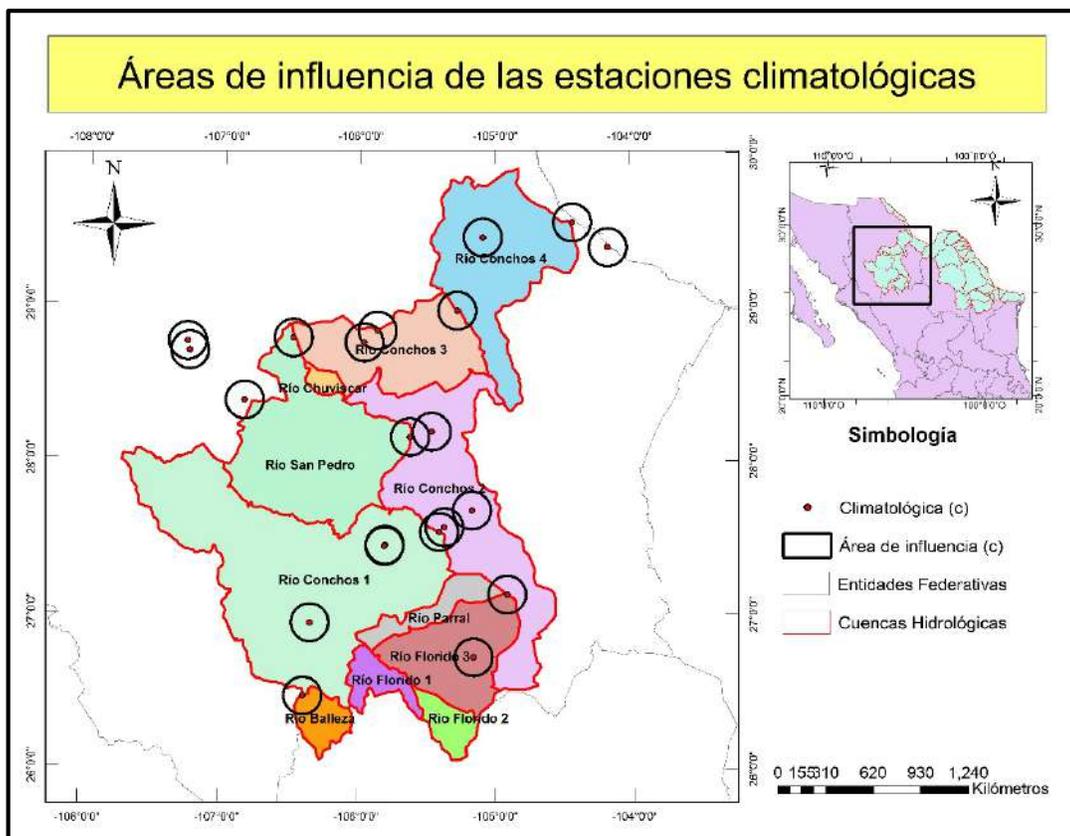


Figura 4.22 Cobertura de las estaciones climatológicas convencionales.



4.3.2 Estaciones Climatológicas-Telemétricas

4.3.2.1 Cinco Tributarios

Estas estaciones al contar con aparatos de lectura automatizados, son consideradas como estación registradoras. El área de influencia depende de su ubicación, es decir, para una estación localizada en área urbana su área es de 20 kilómetros cuadrados con un radio de 2.52 kilómetros, mientras que una estación localizada en monte su área de influencia es de 5,750 kilómetros cuadrados con un radio de influencia de 42.78 kilómetros.

En la figura 4.23, se observa que la cobertura presente por este tipo de estaciones, no es muy significativa con respecto a toda el área de la cuenca, ya que en las estaciones presentes dentro de la cuenca del Río Salado, se ubican dentro de zonas urbanas y su radio de influencia abarca áreas muy pequeñas con respecto al total de la cuenca. Además, se observa que la estación Agualeguas localizada fuera del área de estudio por su ubicación y el tipo de unidad fisiográfica donde se encuentra tiene un poco de influencia en la parte baja de la cuenca.

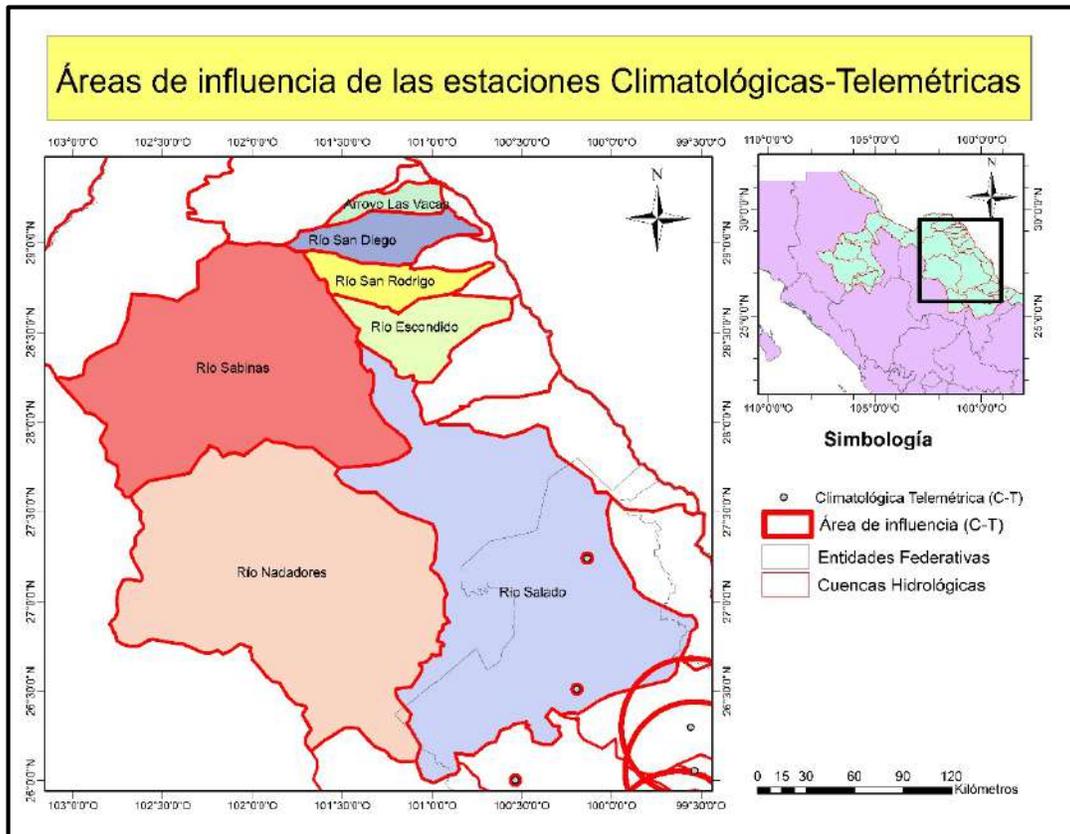


Figura 4.23 Cobertura de las estaciones Climatológicas-Telemétricas.

4.3.2.2 Cuenca Río Conchos

La zona no cuenta con estaciones Climatológicas-Telemétricas.



4.3.3 Estaciones Meteorológicas-Automatizadas

4.3.3.1 Cinco Tributarios

Este tipo de estaciones se consideran registradoras. Por tanto, el área de influencia para una estación localizada en área urbana su área es de 20 kilómetros cuadrados con un radio de 2.52 kilómetros y para una estación localizada en monte su área de influencia es de 5,750 kilómetros cuadrados con un radio de 42.78 kilómetros.

En la figura 4.24, se observa la cobertura que presentan estas estaciones. La estación localizada en la cuenca del Río Salado, tiene gran cobertura en la parte media de la cuenca, así mismo la estación en el Río Nadadores la cobertura abarca gran parte de la zona alta de ésta. En la cuenca del Río Escondido se observa una gran área cubierta e inclusive la estación presenta gran influencia tanto en la zona media de la cuenca del río San Rodrigo, como en una parte de las cuencas del Río Sabinas y Salado.

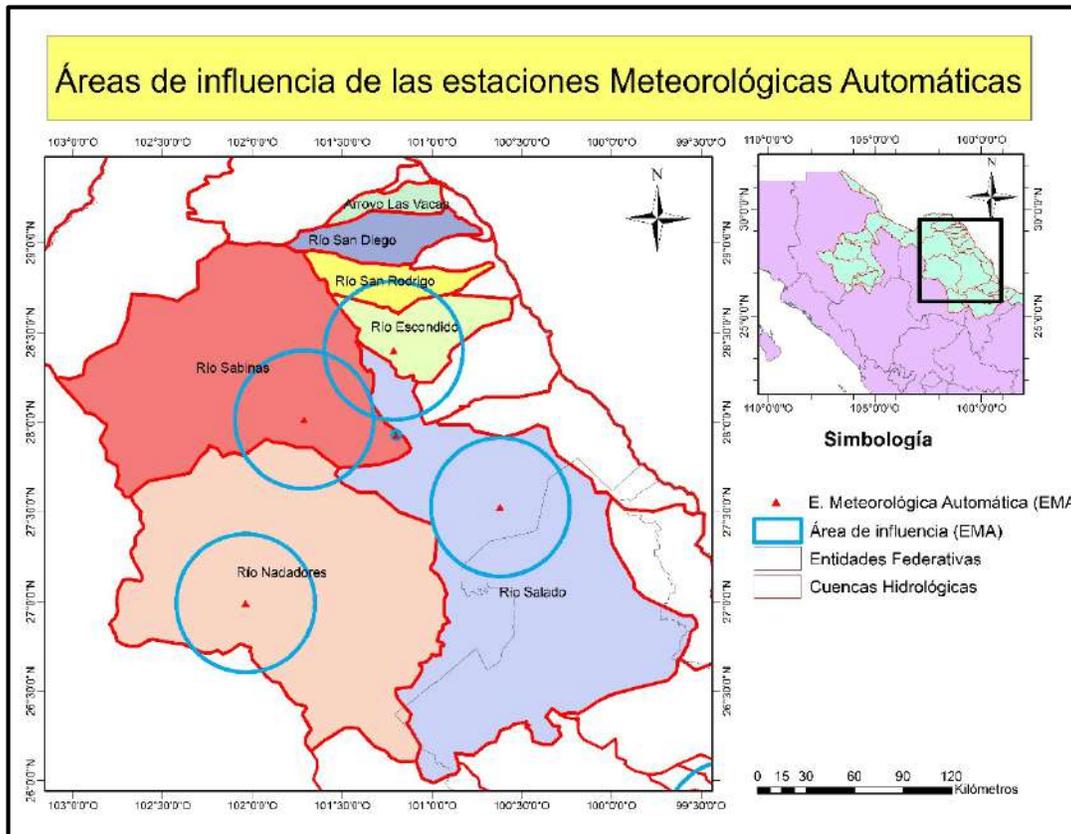


Figura 4.24 Cobertura de las estaciones Meteorológicas Automáticas.

4.3.3.2 Cuenca Río Conchos

La zona no cuenta con estaciones Meteorológicas-Automatizadas.



4.3.4 Estaciones Sinópticas Meteorológicas

4.3.4.1 Cinco Tributarios

Este tipo de estaciones se consideran registradoras. Por tanto, el área de influencia para una estación localizada en área urbana su área es de 20 kilómetros cuadrados con un radio de 2.52 kilómetros y para una estación localizada en monte su área de influencia es de 5,750 kilómetros cuadrados con un radio de 42.78 kilómetros.

En la figura 4.25, se observa la cobertura que presentan estas estaciones. La estación localizada en la cuenca del Río Salado, tiene gran cobertura en la parte media de la cuenca, así mismo la estación en el Río Nadadores la cobertura abarca gran parte de la zona alta de ésta. En la cuenca del Río Escondido se observa una gran área cubierta e inclusive la estación presenta gran influencia tanto en la zona media de la cuenca del río San Rodrigo, como en una parte de las cuencas del Río Sabinas y Salado.

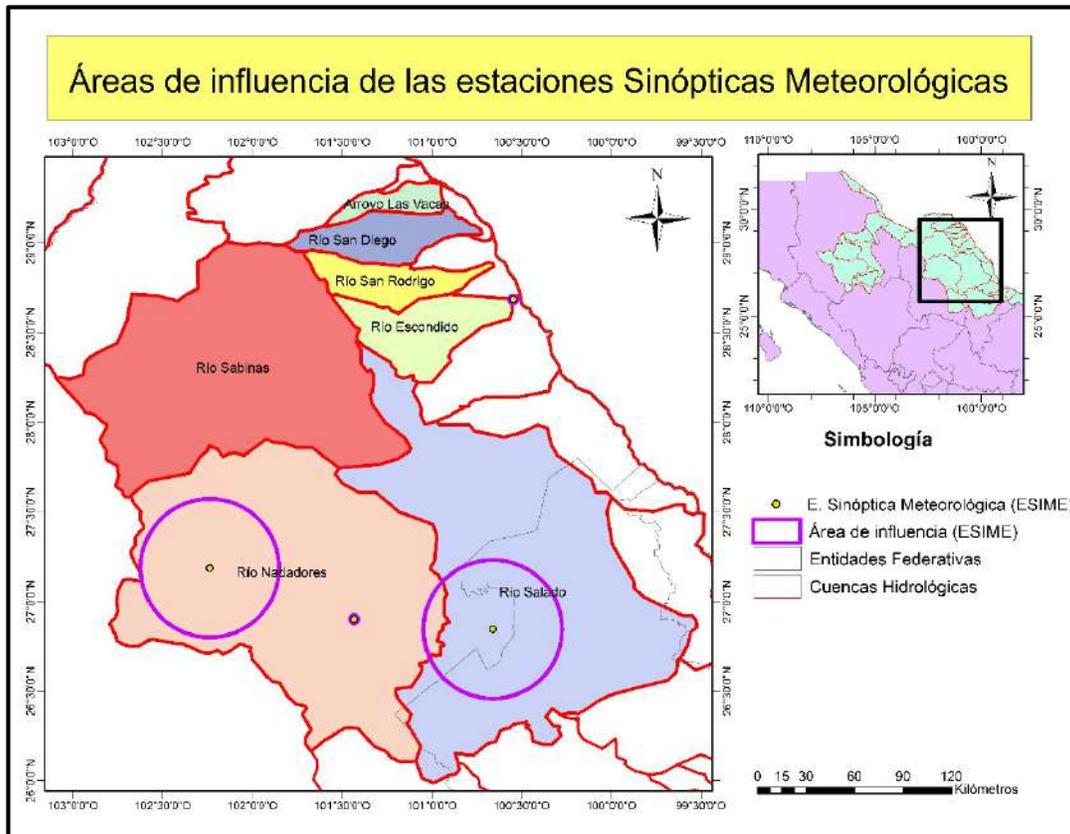


Figura 4.25 Cobertura de las estaciones Meteorológicas Automáticas.

4.3.4.2 Cuenca Río Conchos

La zona no cuenta con estaciones Sinópticas Meteorológicas.



4.3.5 Estaciones Hidrométricas-Telemétricas.

4.3.5.1 Cinco Tributarios

Si bien el objetivo de este tipo de estación es la medición del flujo fluvial de una corriente, éstas, están equipadas con pluviógrafo, por tanto, la información que se genera contribuye a la cobertura con las estaciones de precipitación.

El área de influencia es de 5,750 kilómetros cuadrados o un radio de 42.78 kilómetros para una estación localizada en monte y de 20 kilómetros cuadrados o un radio de 2.52 kilómetros para una estación ubicada en zona urbana.

La figura 4.26, muestra la cobertura generada por estas estaciones. Se puede observar que las zonas bajas de las cuencas del Arroyo Las Vacas, Río San Diego, Río San Rodrigo y Río Escondido presentan gran cobertura.

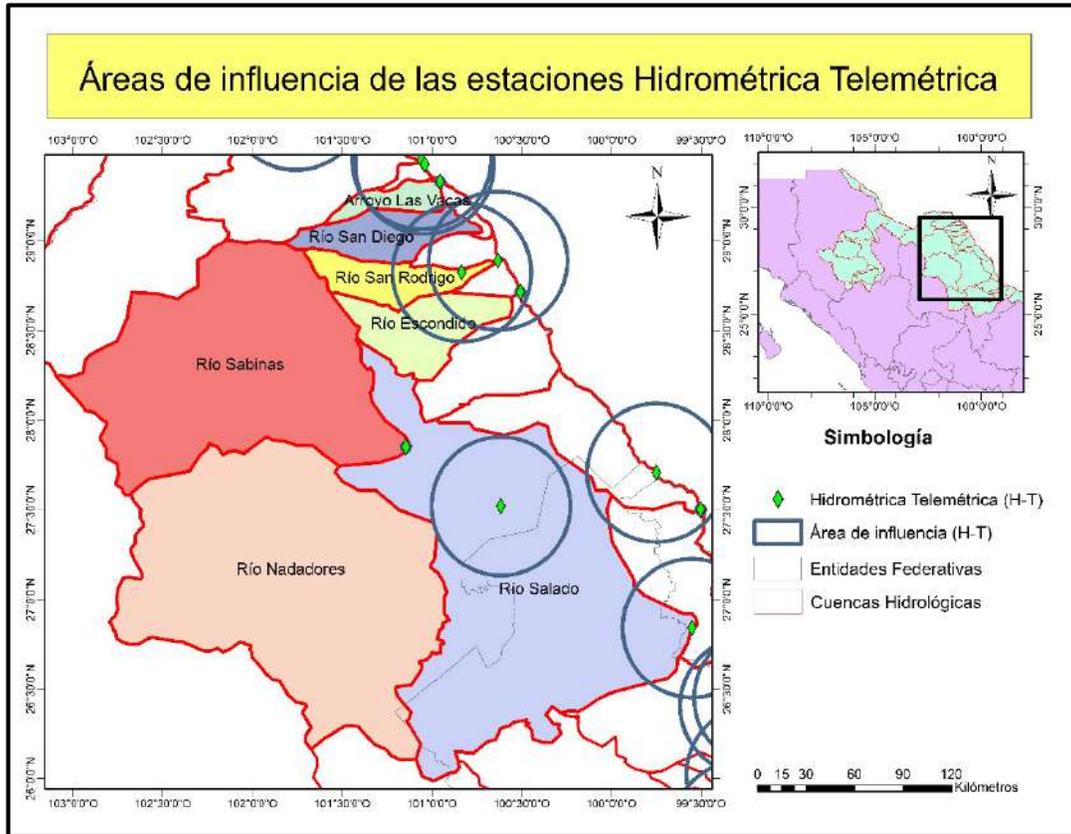


Figura 4.26 Cobertura de estaciones Hidrométricas-Telemétricas.

4.3.5.2 Cuenca Río Conchos

Si bien el objetivo de este tipo de estación es la medición del flujo fluvial de una corriente, éstas, están equipadas con pluviógrafo, por tanto, la información que se genera contribuye a la cobertura con las estaciones de precipitación.

El área de influencia es de 5,750 kilómetros cuadrados o un radio de 42.78 kilómetros para una estación localizada en monte y de 20 kilómetros cuadrados o un radio de 2.52 kilómetros para una estación ubicada en zona urbana.

La figura 4.27 muestra la cobertura generada en las cuencas por este tipo de estaciones.

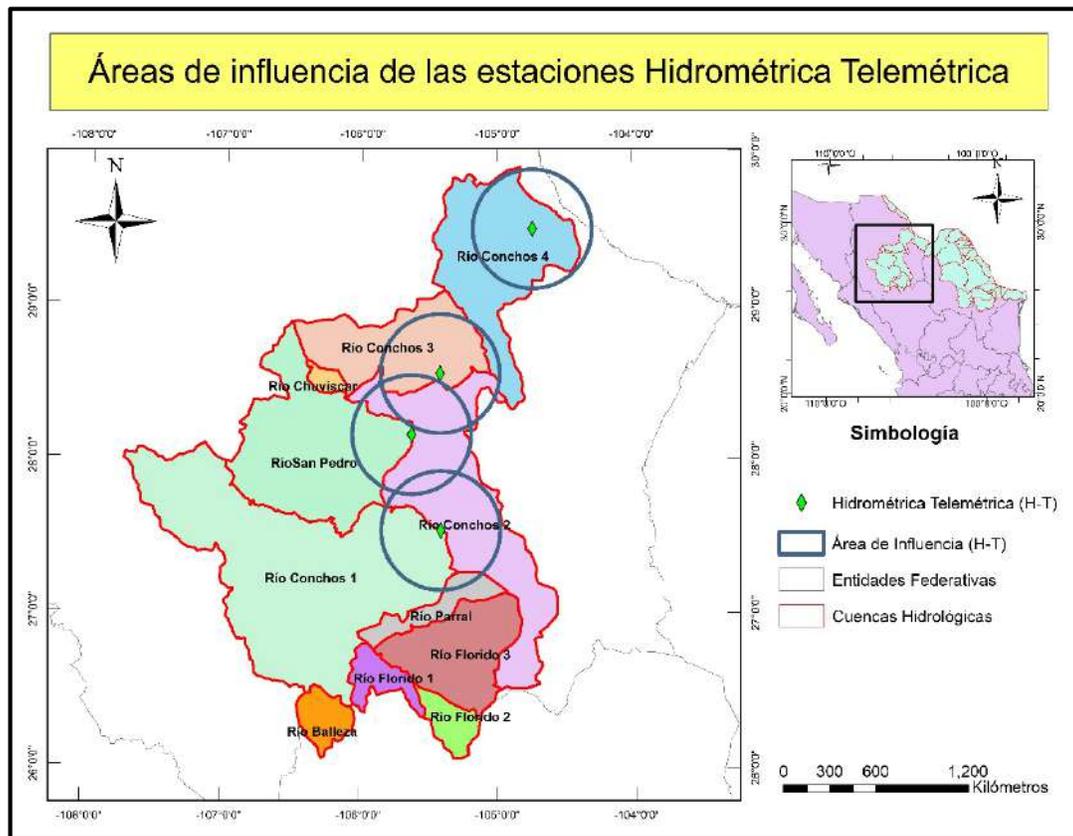


Figura 4.27 Cobertura de estaciones Hidrométricas-Telemétricas.

4.3.6 Estaciones Hidroclimatológicas Telemétricas

4.3.6.1 Cinco Tributarios

Estas estaciones son consideradas como registradoras. Por tanto, el área de influencia de una estación en zona área urbana es de 20 kilómetros cuadrados con un radio de 2.52 kilómetros mientras que una estación localizada en monte su área de influencia es de 575 kilómetros cuadrados con un radio de 42.78 kilómetros.

La cobertura que se observa con la estación localizada en la parte baja de la cuenca del Río San Diego, tiene un alcance hacia la salida de las cuencas del Arroyo Las Vacas y San Rodrigo. La estación en la cuenca del Río Escondido se ubica en zona urbana por lo que su alcance es solo en el municipio de Piedras Negras, Coahuila. Esto se presenta en la figura 4.28.

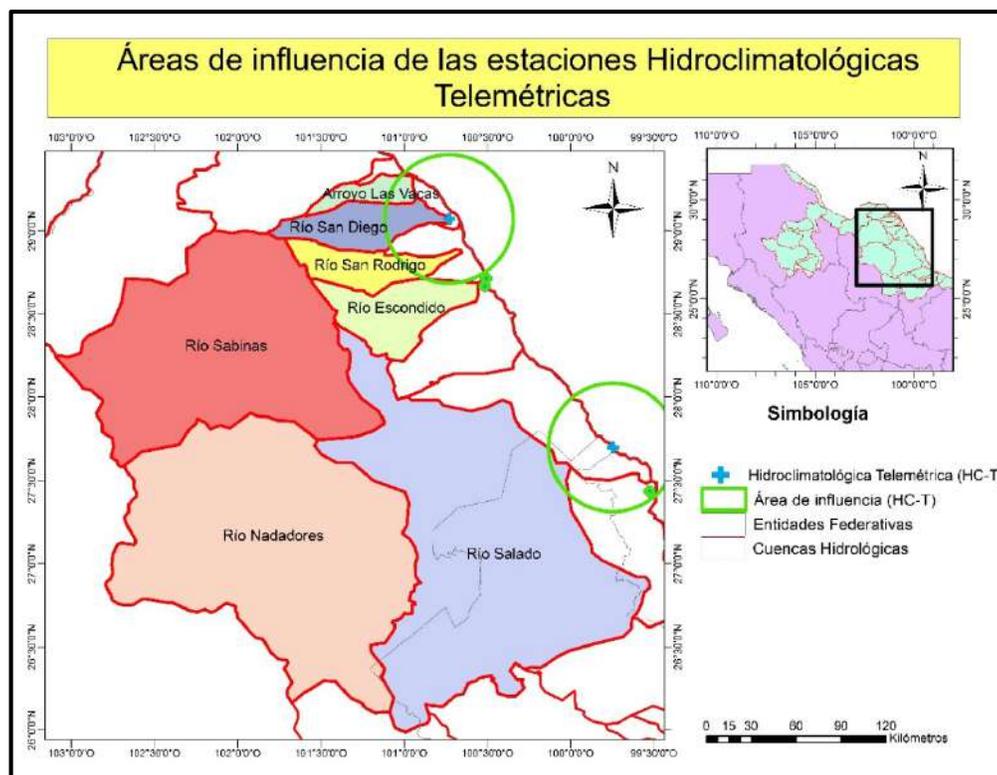


Figura 4.28 Cobertura de las estaciones hidroclimatológicas.

4.3.6.2 Cuenca Río Conchos

Estas estaciones son consideradas como registradoras. Por tanto, el área de influencia de una estación en zona área urbana es de 20 kilómetros cuadrados con un radio de 2.52 kilómetros mientras que una estación localizada en monte su área de influencia es de 575 kilómetros cuadrados con un radio de 42.78 kilómetros.

La figura 4.29 muestra la cobertura de este tipo de estaciones, las cuales se encuentran a las afueras de las cuencas por las características de estas estaciones.

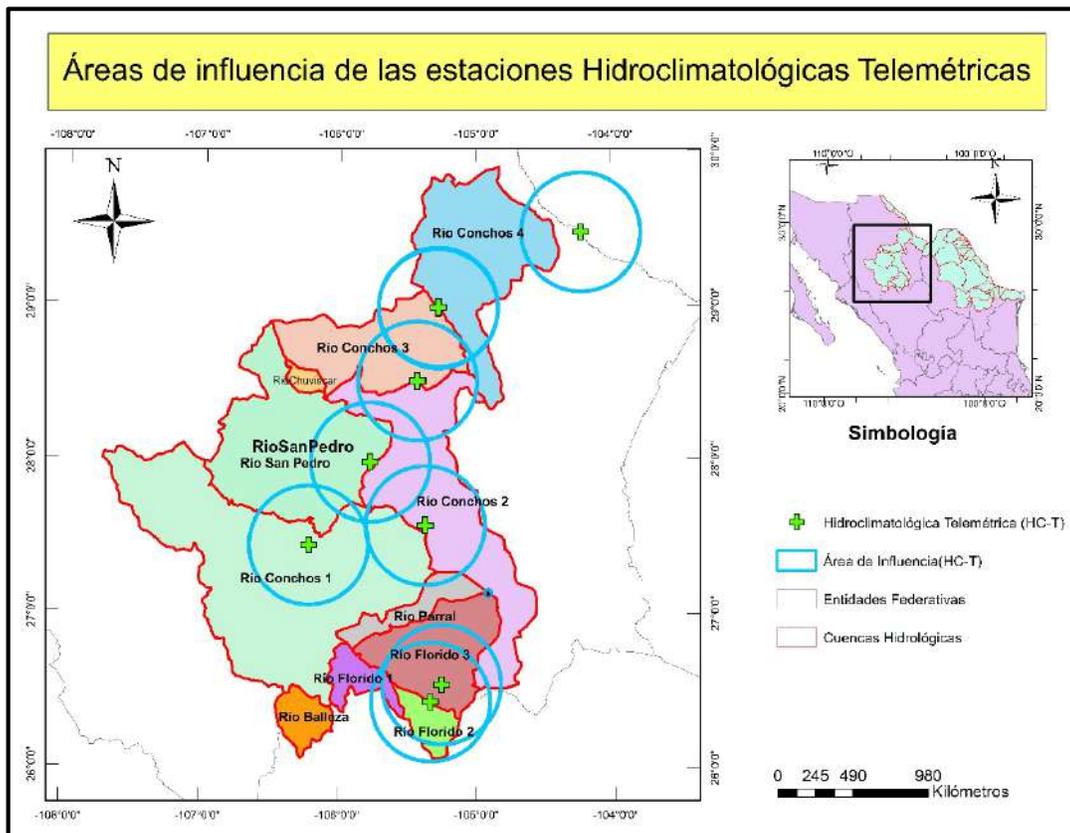


Figura 4.29 Cobertura de las estaciones hidroclimatológicas.

4.3.7 Observatorio Meteorológico

4.3.7.1 Cinco Tributarios

Estas estaciones cuentan equipo de medición convencional. El área de cobertura a considerar es de 575 kilómetros cuadrados o un radio de 13.53 kilómetros.

La figura 4.30 presenta las coberturas de las estaciones localizadas dentro del área de estudio.

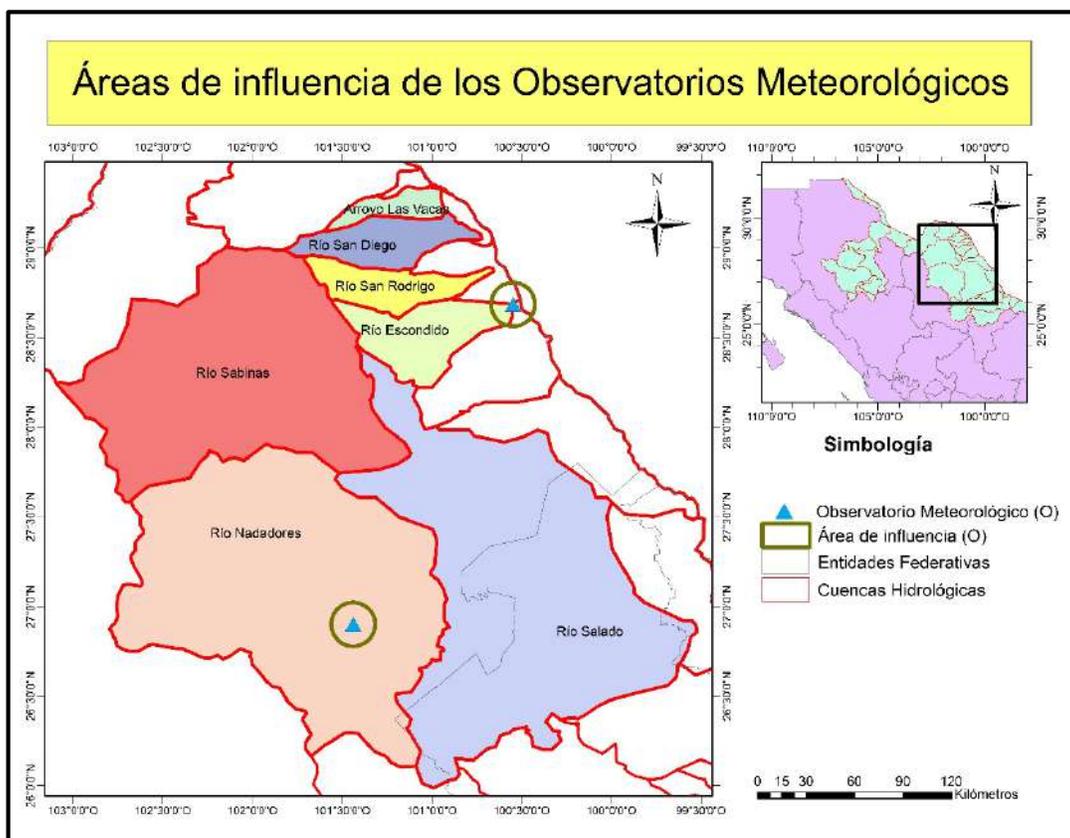


Figura 4.30 Cobertura de los observatorios meteorológicos.

4.3.7.2 Cuenca Río Conchos

Estas estaciones cuentan equipo de medición convencional. El área de cobertura a considerar es de 575 kilómetros cuadrados o un radio de 13.53 kilómetros.

La figura 4.31 presenta las coberturas de las estaciones localizadas dentro del área de estudio.

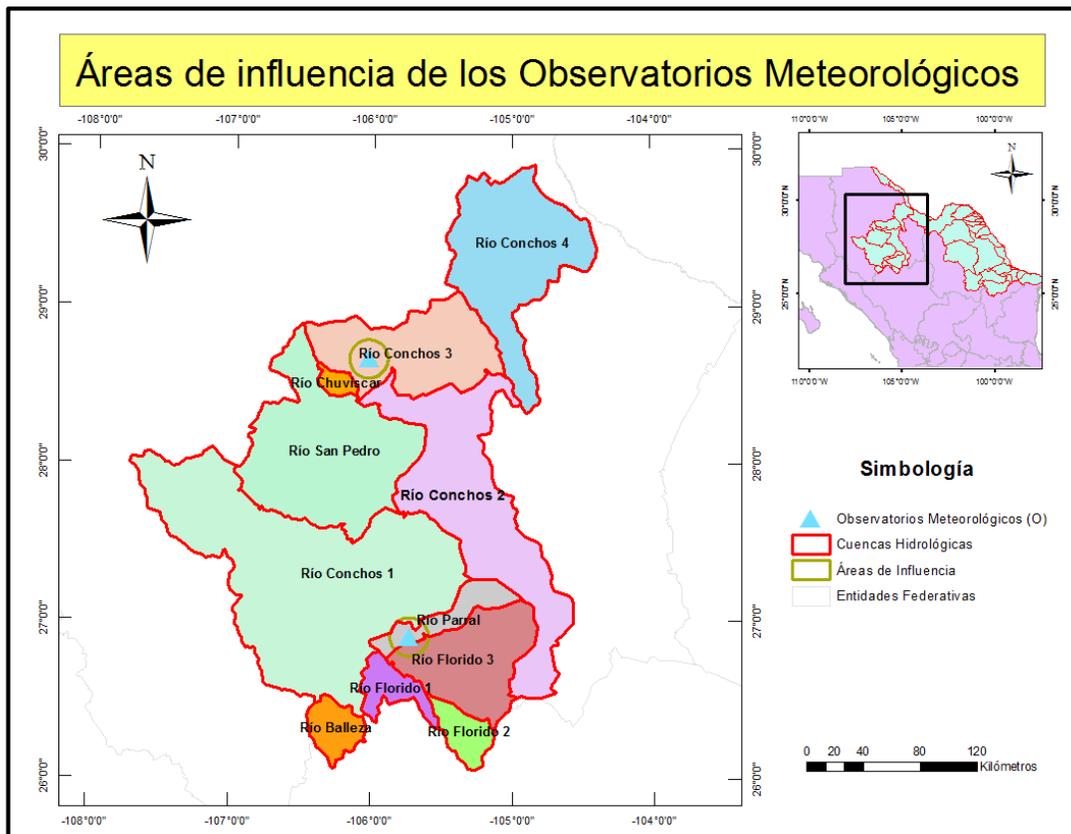


Figura 4.31 Cobertura de los observatorios meteorológicos.

4.3.8 Conjunto de Áreas de influencia

4.3.8.1 Cinco Tributarios

De acuerdo con las áreas de influencia de todas las estaciones (figura 4.32) se puede observar que las áreas en las que no se cuenta con monitoreo sería la parte alta de las cuencas del Río Sabinas, Río San Diego y Río San Rodrigo, mientras que para las demás cuencas se encuentran cubiertas en gran parte.

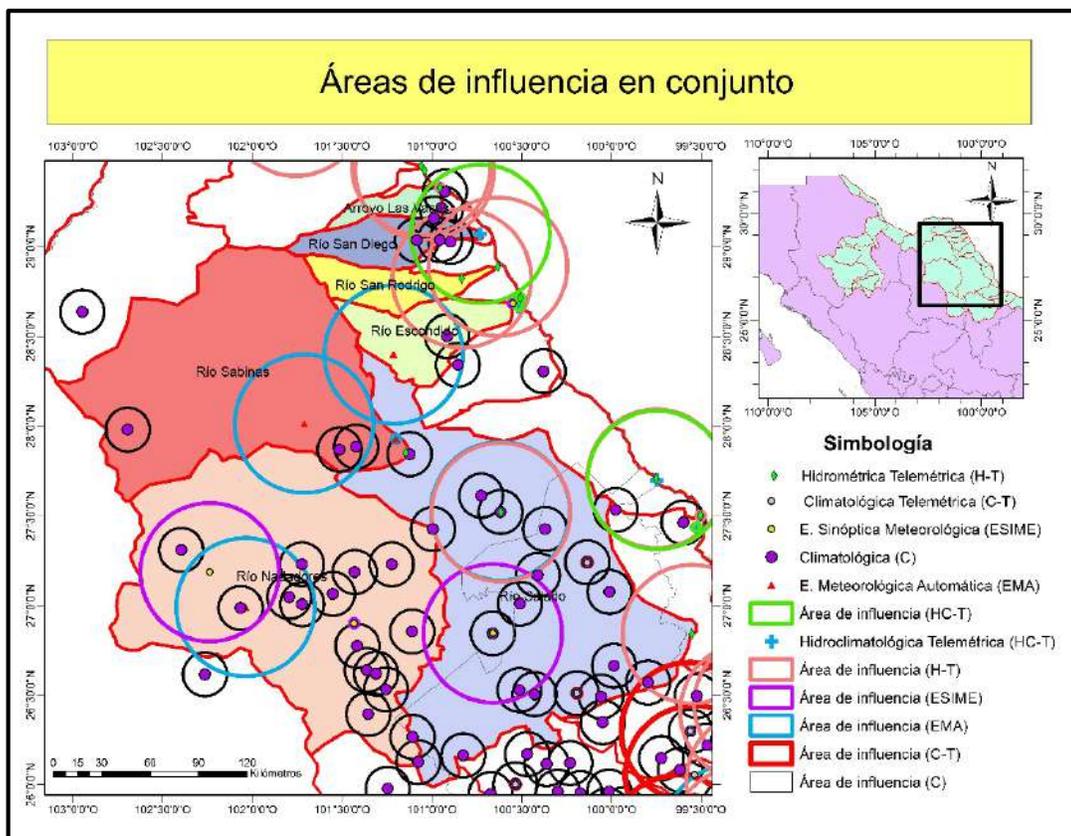


Figura 4.32 Áreas de influencia en conjunto de la zona de estudio Cinco Tributarios.

4.3.8.2 Rio Conchos

De acuerdo con las áreas de influencia de todas las estaciones (figura 4.33) se puede observar que las cuencas que no cuentan con monitoreo en gran parte de su extensión son Rio Chviscar, Rio San Pedro, Rio Conchos 1 al oeste de la misma, Rio Balleza al sur, Rio Parral y Rio Florido 1.

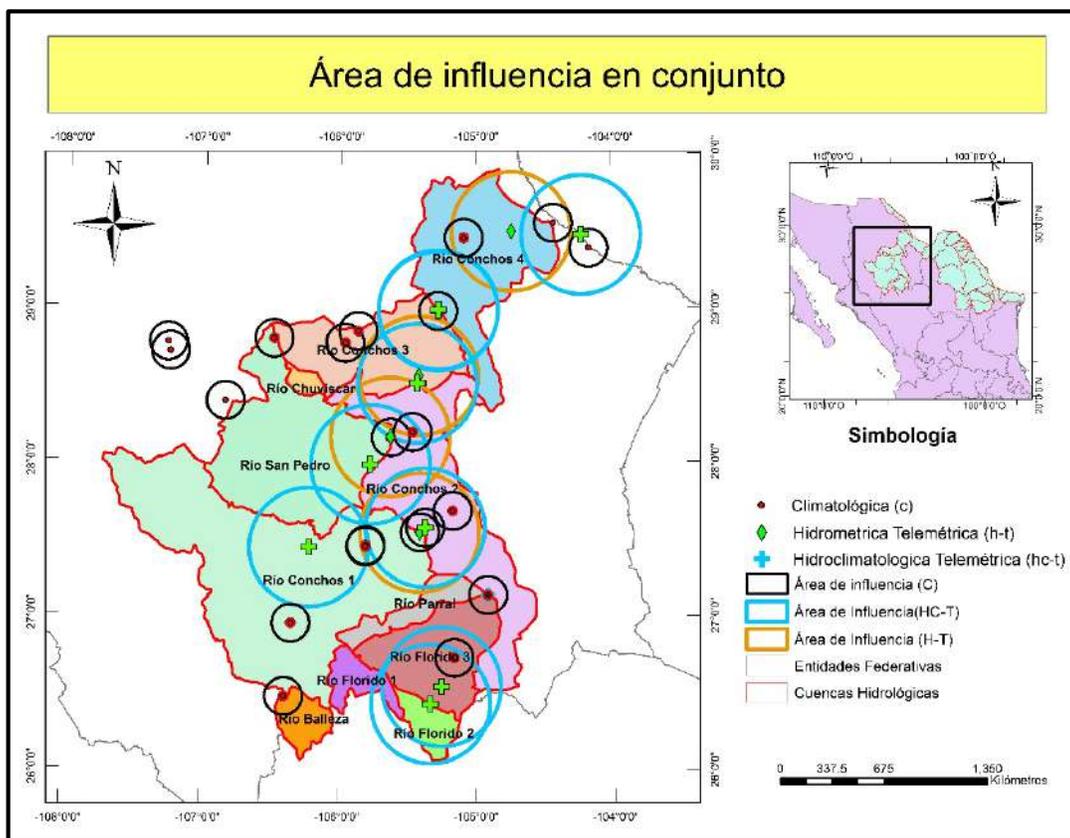


Figura 4.33 Áreas de influencia en conjunto de la zona de estudio Rio Conchos.



4.3.9 Estaciones de Flujo Fluvial.

En la tabla de recomendaciones de densidad mínima de la OMM (tabla 2.3), se tiene que para el parámetro de flujo fluvial en una unidad fisiográfica de montes/ondulaciones se tendría que contar con una estación de flujo fluvial cada 1,875 kilómetros cuadrados.

4.3.9.1 Cinco Tributarios

En la tabla 4.20 se presenta un resumen de las estaciones de flujo fluvial, localizadas en las cuencas en estudio de los Cinco Tributarios. Así mismo, en la figura 4.34 se muestra la ubicación de las estaciones mencionadas.

Tabla 4.20 Estaciones de flujo fluvial dentro del área de estudio.

| NOMBRE | TIPO | BANDAS | S A | EDO | R H | SUBCUENCA | CORRIENTE | LATITUD | LONGITUD | PERIODO DE REGISTRO |
|---------------------------|------|--------|-----|-------|-----|----------------------------|------------------|---------|-----------|---------------------|
| Candela | H | 24150 | O | Coah | 24 | A. Chapote | Río Candela | 26.8411 | -100.66 | 1967-2012 |
| Rodríguez | H | 24038 | O | N. L. | 24 | R. Salado – Anáhuac | Río Salado | 27.2334 | -100.1394 | 1943-2012 |
| La Fragua | H-T | | O | Coah | 24 | R. Bravo – R. San Rodrigo | Río San Rodrigo | 28.8234 | -100.834 | 1999-2012 |
| Presa Venustiano Carranza | H-T | | O | Coah | 24 | Presa Venustiano Carranza | Río Salado | 27.52 | -100.616 | 2008-2012 |
| Sabinas | H-T | | O | Coah | 24 | R. Sabinas | Río Sabinas | 27.850 | -101.145 | |
| (CILA) El Moral | H-T | | O | Coah | 24 | R. Bravo – R. San Rodrigo | Río San Rodrigo | 28.888 | -100.631 | 1999-2012 |
| (CILA) Las Vacas | H-T | | O | Coah | 24 | R. Bravo – A. de las Vacas | Arroyo Las Vacas | 29.329 | -100.955 | 1999-2012 |
| (CILA) El Puente | H-T | | O | Tam | 24 | P. Falcón | Río Salado | 26.839 | -99.551 | 1999-2012 |
| (CILA) Río Escondido | HC-T | | O | Coah | 24 | R. Bravo – A. San Antonio | Río Escondido | 28.668 | -100.516 | 1999-2012 |
| (CILA) San diego | HC-T | | O | Coah | 24 | R. Bravo – R. San Diego | Río San Diego | 29.071 | -100.730 | 1999-2012 |

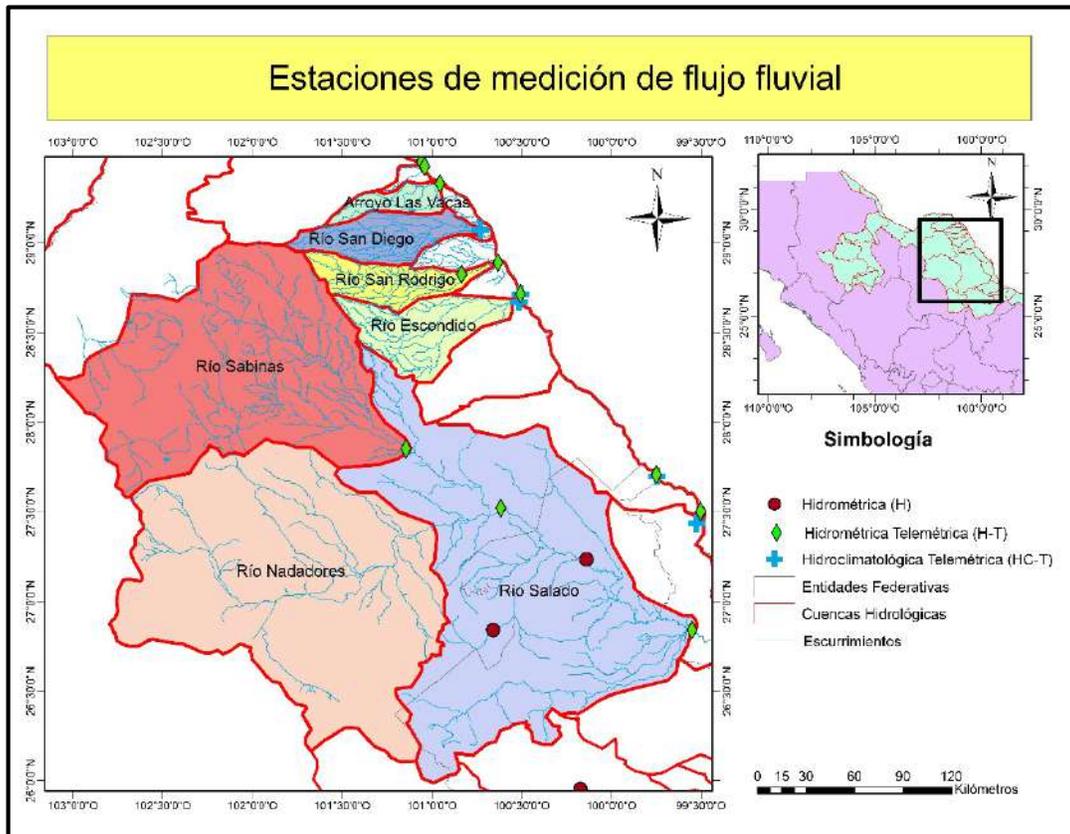


Figura 4.34 Estaciones de flujo fluvial localizadas en las cuencas de los cinco tributarios en estudio, las cuales se conforman por del Arroyo Las Vacas, Río San Diego, Río San Rodrigo, Río Escondido y Río Salado.

Siendo la cuenca del Río Nadadores la única en esta área que no cuenta con estación para la medición del flujo fluvial a la salida de la misma.



4.3.9.2 Cuenca Río Conchos

En la tabla 4.21 se presenta un resumen de las estaciones de flujo fluvial, localizadas en las cuencas en estudio. La figura 4.35 muestra las mencionadas estaciones en su ubicación dentro de la zona de estudio del Río Conchos.

Tabla 4.21 Estaciones de flujo fluvial dentro del área de estudio.

| NOMBRE | TIPO | BANDAS | S A | EDO | R H | SUBCUENCA | CORRIENTE | LATITUD | LONGITUD | PERIODO DE REGISTRO |
|---------------------------|------|--------|------|-----------|-----|--------------------------------|--------------------------|---------|-----------|---------------------|
| Colina | H | 24077 | O | Chihuahua | 24 | R. Conchos - P. Rosetilla | Río Conchos | 27.3438 | -105.2217 | 1945-2012 |
| Jiménez | H | 24225 | O | Chihuahua | 24 | R. Florido - Camargo | Río Florido | 27.0827 | -104.5452 | 1949-2012 |
| Luis L. León | H | 24339 | O | Chihuahua | 24 | P. El Granero | Río Conchos | 28.5901 | -105.1650 | 1964-2012 |
| Presa Parral | H | 24346 | O | Chihuahua | 24 | R. Parral | Río Parral | 26.5425 | -105.4352 | 1940-2012 |
| Boca del Río | HC-T | HC-T | O | Chihuahua | 24 | R. Conchos - Valle de Zaragoza | Río Conchos | 27.2649 | -106.1311 | 2008-2012 |
| Colina | HC-T | HC-T | O | Chihuahua | 24 | R. Conchos - P. Rosetilla | Río Conchos | 27.3439 | -105.2217 | 2008-2012 |
| HGranero | HC-T | HC-T | O | Chihuahua | 24 | R. Conchos - Palomir | Río Conchos | 28.5934 | -105.1643 | 2008-2012 |
| JimenezRFlorido | HC-T | HC-T | O | Chihuahua | 24 | R. Bravo - Cd. Juárez | Río Florido | 27.0827 | -104.5451 | 2008-2012 |
| Las Burras | HC-T | HC-T | O | Chihuahua | 24 | R. Conchos - P. Rosetilla | Río Conchos | 28.3051 | -105.2554 | 2008-2012 |
| Presa Granero | HC-T | HC-T | O | Chihuahua | 24 | P. El Granero | Río Conchos | 28.5903 | -105.1651 | 2008-2012 |
| Presa Pico del Águila | HC-T | HC-T | O | Chihuahua | 24 | R. Florido - Jiménez | Río Florido | 26.3242 | -105.1502 | 2008-2012 |
| Villalba | HC-T | HC-T | O | Chihuahua | 24 | R. San Pedro - Villalba | Río Conchos | 27.5914 | -105.4627 | 2008-2012 |
| San Antonio | HC-T | HC-T | O | Durango | 24 | R. Florido - Jiménez | Río Florido | 26.2556 | -105.1949 | 2008-2012 |
| Babísas | H-T | H-T | F.O. | Chihuahua | 24 | P. El Granero | Río Conchos | 28.3349 | -105.2516 | 2008-2012 |
| Pegüis | H-T | H-T | O | Chihuahua | 24 | R. Conchos - Ojinaga | Arroyo Santa Fe del Pino | 29.3006 | -104.4435 | 2008-2012 |
| Presa Francisco I. Madero | H-T | H-T | O | Chihuahua | 24 | R. Pedro - Meoqui | Río San Pedro | 28.0958 | -105.3744 | 2008-2012 |
| P. la Boquilla | H-T | H-T | O | Chihuahua | 24 | P. de la Boquilla | Río Conchos | 27.3240 | -105.2444 | 2003-2012 |

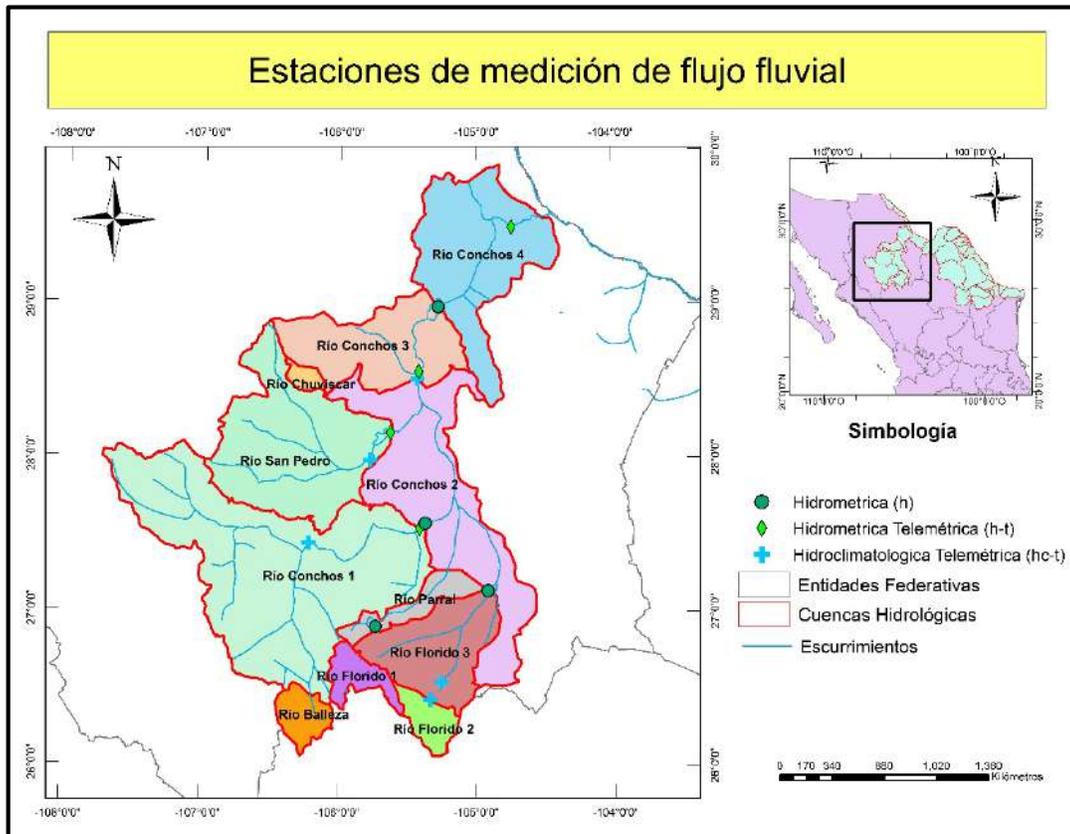


Figura 4.35 Estaciones de flujo fluvial localizadas en la zona de estudio del Río Conchos.

En este caso las cuencas de los Ríos Chuviscar, Río Balleza y Río Florido1 no cuentan con estación para la medición del flujo fluvial a la salida de su cauce.

5 PROPUESTA PARA AMPLIAR LA COBERTURA DE LA RED

Como alternativa propuesta para cubrir las zonas sin área de influencia de estaciones climatológicas, se presenta, en las figuras 5.1 y 5.2 una posible zona de colocación de estaciones automatizadas, con radio de influencia anteriormente mencionado, con el fin de abarcar dichas áreas que no son cubiertas por la red actual. Cabe recalcar que, en algunos casos, se sustituyen estaciones convencionales y en otros, se colocan estaciones en lugares potenciales. Estos lugares potenciales, refieren a poblados dentro del área sin cobertura, ya que, se debe considerar lo involucrado con la operación de dicha estación. Así como el aprovechamiento del área a cubrir, conforme al tipo de uso de suelo, zonas ejidales, etc.

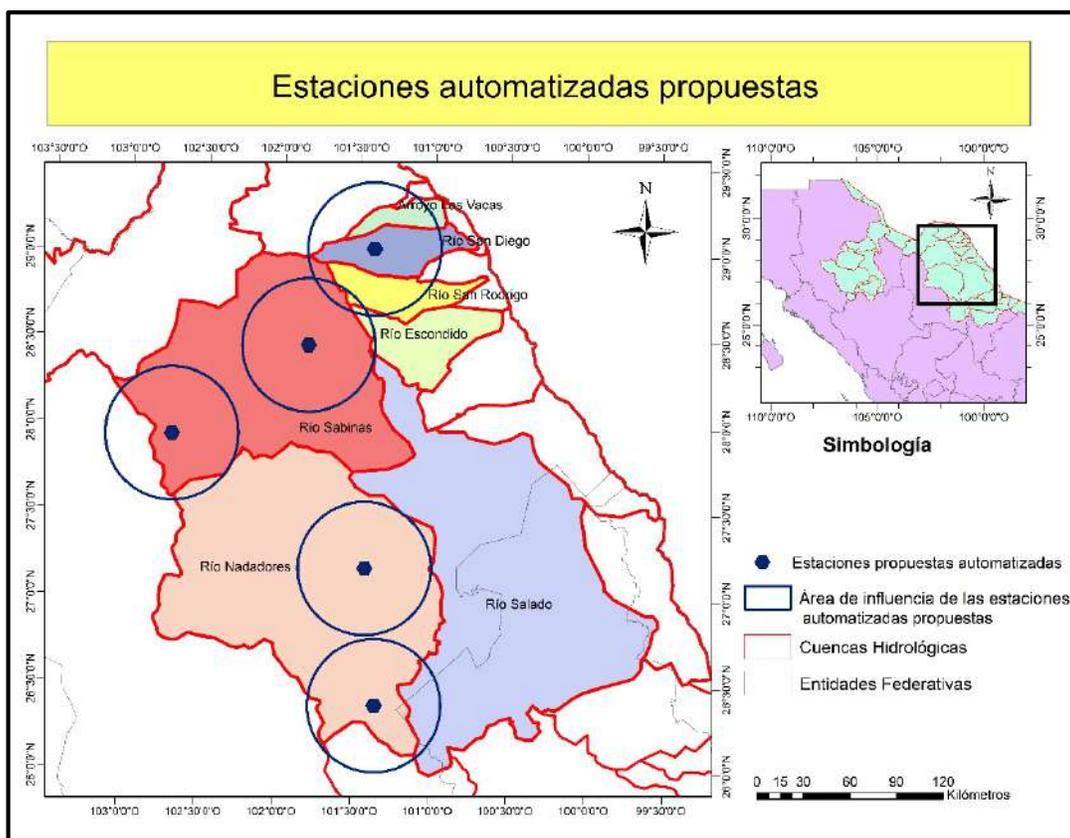


Figura 5.1 Estaciones Automatizadas propuestas con su radio de influencia.

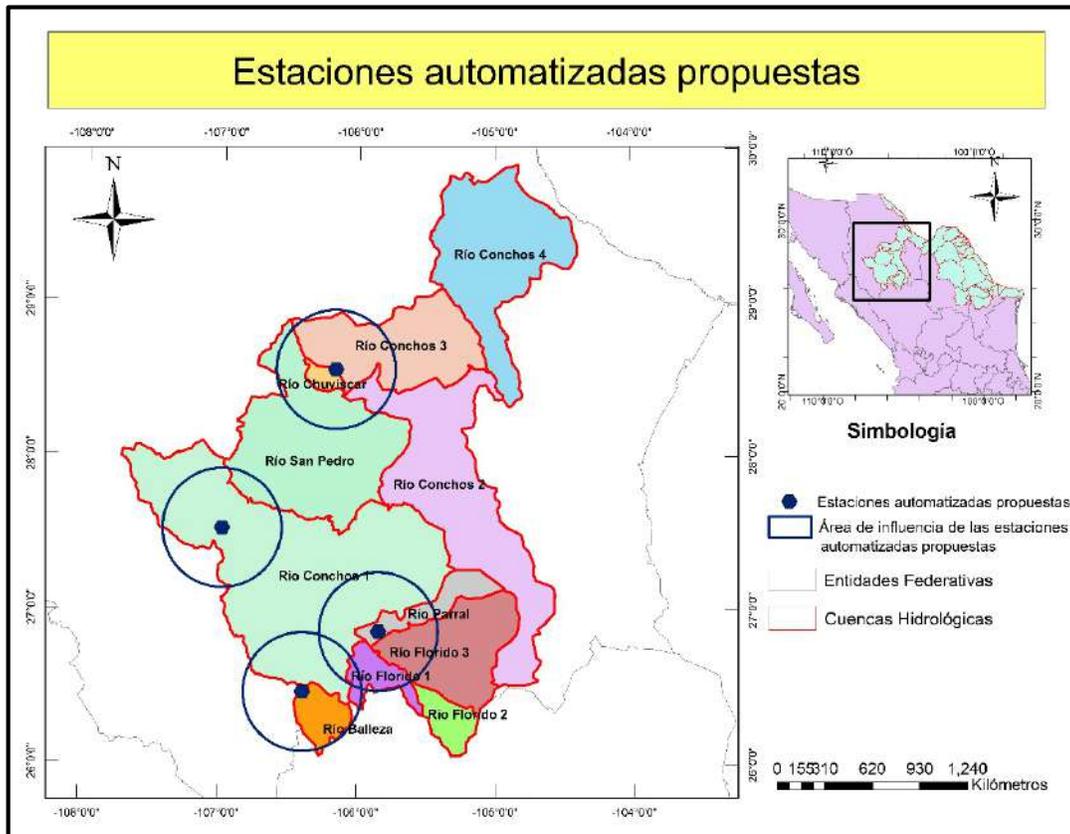


Figura 5.2 Estaciones Automatizadas propuestas con su radio de influencia.

Por otro lado, como complemento a los tipos de estaciones presentes, el implementar radares meteorológicos para la cobertura de las cuencas en estudio, enriquecería el acervo de información respecto a los fenómenos meteorológicos que se presenten en la cuenca. Proponiendo uno de ellos específicamente en la presa Venustiano Carranza, la cual, se encuentra próxima al municipio de Juárez, Coahuila; esto debido a su ubicación central a la cuenca de cinco tributarios (Figura 5.3).

Mientras que para la cuenca del Río Conchos se propone ubicar el radar en la presa Francisco I. Madero, cercano al municipio de Delicias, Chihuahua (Figura 5.4). La cual representa un punto central en la cuenca mencionada donde el radio de operación de estos

radares mantiene funcionalidad. La ventaja de un radar meteorológico es equitativo al empleo de diferentes pluviómetros distribuidos en la zona de cobertura del radar, los cuales, transmiten información en tiempo real.

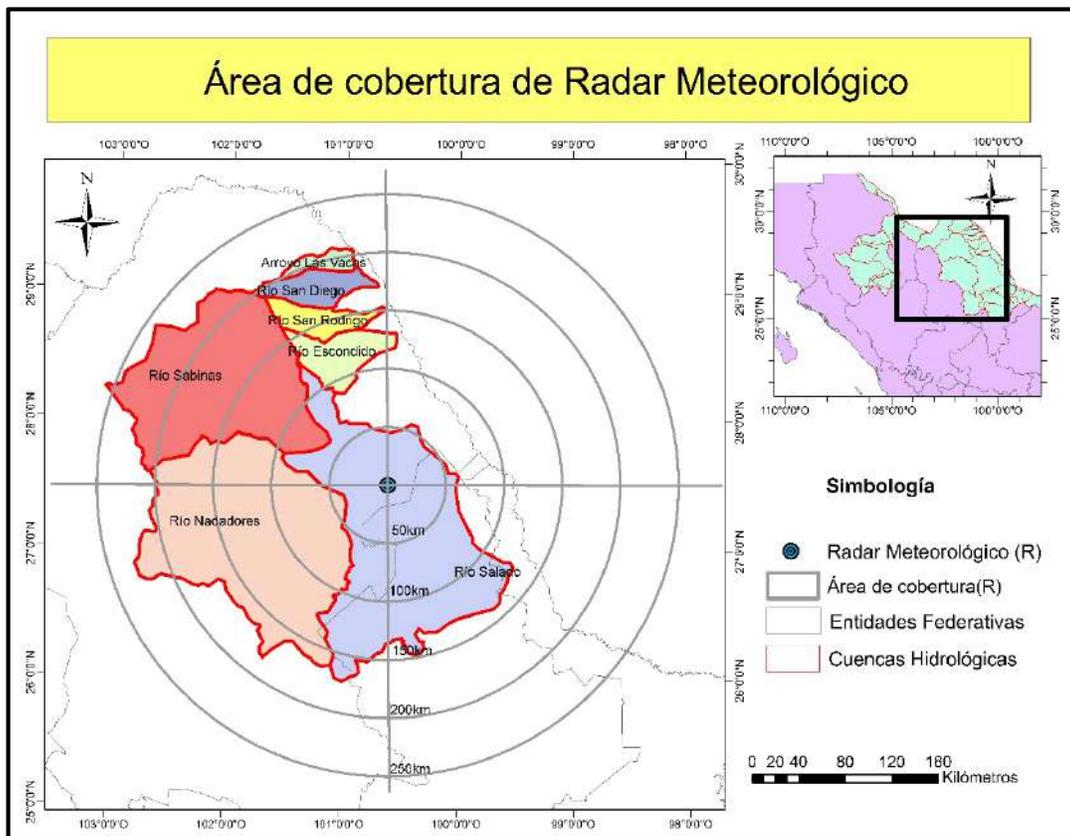


Figura 5.3 Área de cobertura de Radar Meteorológico propuesto en la presa Venustiano Carranza.

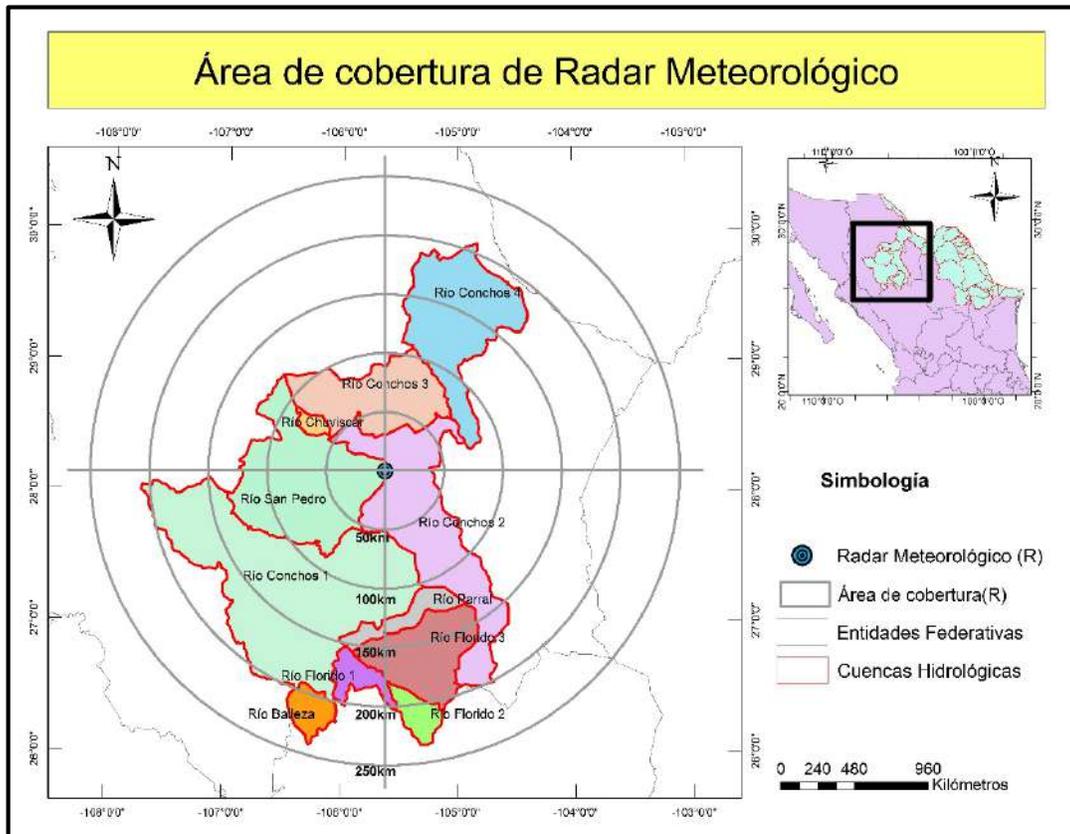


Figura 5.4 Área de cobertura de Radar Meteorológico propuesto en la presa Francisco I. Madero.

La implementación cercana a una presa de estos dispositivos, va de la mano con la integridad del equipo, siendo una presa un lugar de resguardo federal, la probabilidad de que el equipo sufra daños por vandalismo sería baja.

También, debido a que los Ríos Sabinas y Nadadores son los principales afluentes a la presa Venusiano Carranza, es de suma importancia que se cuente con monitoreo antes de su llegada a la misma. La cuenca del Río Sabinas sí cuenta con una estación de flujo fluvial a su salida, sin embargo la cuenca del Río Nadadores no cuenta con ninguna. Por lo que se recomienda, la colocación de por lo menos una estación de medición de flujo fluvial en esta última, con preferencia a ser automatizada.



Ref.: PCIA- L-09-15-011

Página 123 de 127

Las cuencas del Río Florido 1 y Río Balleza tampoco cuentan con estaciones de medición fluvial a la salida del cauce y se recomienda colocar al menos una estación de flujo fluvial, en el caso de que estos escurrimientos sean perennes. Para el caso de la cuenca del Río Chuvistar, independientemente al tamaño de la misa, el que no cuente con una estación a la salida refiere a la presencia de una presa en el punto de salida del escurrimiento, presentando un caso completamente diferente respecto a las demás cuencas del estudio.



6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como resultado del presente estudio a nivel gabinete, se tiene que, existe deficiencia en la red de medición de variables hidroclimatológicas. Esta deficiencia es con respecto al número y ubicación de dichas estaciones. Se detectaron áreas o zonas donde no se cuenta con medición de ningún tipo (figura 4.31 y figura 4.32).

Ahora bien, si aún y así no se cumple con lo establecido por la OMM para el área a cubrir por estas estaciones, con la colocación de una estación en ésta cuenca se podrá tener una mejor evaluación de los flujos que se aportan a la presa. Cabe hacer mención, que existe el antecedente que en el año 2010 después del Ciclón Tropical denominado Alex, se presentó una situación de alto riesgo en dicha presa, derivada del deficiente monitoreo de la zona.

Por otro lado, se recomienda la automatización en los sistemas convencionales actuales así como la instalación de equipos de medición que consideren las tecnologías de la información lo cual, reducirá la necesidad de la intervención humana. Tales como los radares meteorológicos ya mencionados. Esto coadyuvaría a la implementación de modelos hidrológicos (por ejemplo de tipo distribuido). Sin embargo, es importante mencionar que se deberá llevar a cabo una calibración adecuada del radar, con la utilización de las estaciones terrenas existentes y propuestas.

Actualmente existen redes de monitoreo operadas por diferentes dependencias de gobierno tales como Protección Civil, Secretaría de Marina Armada de México (SEMAR), Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Comisión Federal de Electricidad (CFE), entre otras. Sin embargo, en el presente estudio solo se tomaron en cuenta las estaciones operadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Servicio Meteorológico Nacional (SMN-CONAGUA) y la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), ya que éstas estaciones son las consideradas como oficiales. Es importante que las distintas redes se establezcan en forma integrada y coordinada, de manera que se dé una adecuada coordinación de actividades reflejada en una mayor eficiencia de monitoreo.

También, se recomienda redefinir los parteaguas de las cuencas de la región hidrológica No. 24 utilizando las nuevas tecnologías de percepción remota y con apoyo con los sistemas de información geográfica (SIG). Lo anterior, permitirá llevar a cabo una mejor distribución de las estaciones hidrométricas con base en los valores establecidos por la OMM.



Ref.: PCIA- L-09-15-011

Página 125 de 127

Es importante mencionar, en cuanto al funcionamiento y operación de las estaciones hidroclimatológicas, que se deberá respetar la vida útil tanto de los equipos, como de los sensores; así mismo se deberá llevar a cabo el plan de mantenimiento sugerido por el proveedor de los equipos. Esto, garantizará el correcto funcionamiento de dichos dispositivos y por ende la confianza en los datos recolectados.

Finalmente, se recomienda llevar a cabo un estudio que contemple la revisión física del estado que guardan las estaciones hidroclimatológicas actuales como etapa 2 del presente estudio de gabinete.



7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Campos Aranda, D. F., 1998. *Procesos del Ciclo Hidrológico*. 3ra Reimpresión ed. San Luis Potosí: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.

Chow, V. T., Maidment, D. R. & Mays, L. W., 1994. *Hidrología Aplicada*. 1er. ed. Santafé de Bogotá, Colombia: McGrawHill.

CONAGUA, C. N. d. A., 1993. *Instructivo para aforo de corrientes*. 7a ed. México D.F.: s.n.

CONAGUA-OMM, 2010. *Programa de fortalecimiento del manejo integral del agua en México*, s.l.: s.n.

DOF, D. O., 2013. *ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas*. s.l.:s.n.

DOF, D. O. d. I. F., 2011. *ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios técnicos de la Región Hidrológica número 24 BravoConchos*. s.l.:s.n.

Fattorelli, S. & Fernandez, P. C., 2011. *Diseño Hidrológico*. 2a ed. Mendoza, Argentina: Water Assessment & Advisory Global Network.

León Mendez, A. J., Hernández González, A., Garrido Monagas, M. & Andalia Gilbert, A. I., 2013. Captación de lluvia con pluviógrafo de cubeta y su posprocesamiento. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, XXXIV(2), pp. 73-87.

OMM, 2008. *Guía de prácticas hidrológicas Vol. 1 Hidrología - De la medición a la información hidrológica*. Ginebra, Suiza: Presidente de la Junta de publicaciones.

OMM, 2010. *Manual on stream gauging No. 1044*. Geneva 2, Switzerland: Chairperson, Publications Board.

Pedroza González, E. & Hinojosa Cuéllar, G. A., 2014. *Manejo y distribución del agua en distritos de riego: breve introducción didáctica*. 1era ed. Jiutepec: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Pieyns, S., 2010. *Actualización del rediseño de redes hidroclimatológicas en la Región Hidrológica 24 río Bravo*, s.l.: Organización Meteorológica Mundial.



Rosengaus M., M., 1998. *Efectos destructivos de ciclones tropicales*. Primera edición ed. Mexico, D.F.: MAPFRE.

SMN, 2015. *Servicio Meteorológico Nacional*. [En línea]
Available at: <http://ww.smn.cna.gob.mx/>

Vilchis Frances, A. Y., 2007. *Evaluación y optimización de la red de Estaciones Climatológicas en el Estado de México*. Toluca: Centro Interamericano de Recursos del Agua.