



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Evaluación del caudal ecológico
en cuencas que descargan al
Golfo de California**

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Manuel Morales Peña

DIRECTOR DE TESIS

Dr. José Luis Aragón Hernández



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023

RESUMEN

Las interacciones naturales entre los organismos y el entorno que componen a los ecosistemas lóticos se han visto modificadas en los últimos años, entre las principales causas surge la alteración del volumen de agua disponible para las especies. En México una de las regiones donde se han identificado problemas de disponibilidad se ubica en la zona que contiene las cuencas con descarga al Golfo de California por ello, se optó por estudiar esta región y así proponer una serie de acciones con las cuales sea posible mejorar el estado de conservación actual.

La zona de estudio es de gran relevancia medioambiental, social y económica a nivel nacional ya que por sus condiciones presenta una red hidrográfica de grandes dimensiones la cual está regulada en gran medida por presas y diques. El relieve de esta área se caracteriza por ser plano en las franjas costeras y conforme se avanza hacia al este adquiere elevaciones mayores brindando gran sinuosidad a la red, así mismo, cuenta con una densidad poblacional media, la vegetación dominante es el matorral, el tipo de clima más típico es de tipo seco y contiene áreas naturales protegidas de gran extensión.

Una de las principales iniciativas para optimizar las condiciones de conservación de los ríos, se conoce como Evaluación de Caudal Ecológico y consiste en un estudio de la variación histórica del caudal en un río para así, proponer un régimen de flujo capaz de sostener el bienestar de los ecosistemas. En la presente investigación se optó por la aplicación de métodos de evaluación del tipo hidrológico e hidráulico.

Dentro del área analizada existe un número considerable de estaciones hidrométricas (E.H.) instaladas de las cuales, se tomaron en cuenta las más cercanas a la línea de costa. Para iniciar con ello, se examinaron los registros de las E.H., hallando que no todas presentan un periodo de registro útil para determinar el caudal ecológico por ello se emplearon métodos para completar caudales.

A continuación, se aplicaron los métodos hidrológicos de la Norma Mexicana AA-159-SCFI-2012, obteniendo que la mayoría de las estaciones presentan un estado de régimen fluvial no alterado y caudales ecológicos obtenidos oscilan entre el 15 y 30% del caudal medio anual con lo cual, se garantiza un hábitat de condiciones regulares a buenas para la sobrevivencia de gran parte de formas de vida acuática.

Por otro lado, al emplear el método hidráulico del perímetro mojado se obtuvieron resultados poco consistentes al ser comparados con los obtenidos mediante las metodologías hidrológicas, puesto que representan un mayor porcentaje del caudal medio anual. Ello implica que existen mejores condiciones para los hábitats, pero también mayores exigencias para los usuarios del río en cuanto al control de la regulación del caudal.

Después de analizar los resultados, se determinó que entre los principales puntos a considerar para garantizar una correcta evaluación del caudal ecológico están: la necesidad de incrementar la instrumentación de las cuencas cuyos ríos sean de gran importancia y actualizar aquellas cuyas bases de datos sean menores a 20 años. También, es necesario que en los periodos de estiaje se tenga un mejor control en la regulación del volumen anual de extracción de agua superficial, en especial en los años donde se den condiciones secas ya que existen ocasiones donde el caudal ecológico presenta valores inferiores a los requeridos.

Agradecimientos

Quiero dar gracias a Dios por ser la guía de todos mis pasos y permitirme llegar a este momento, sin Él nada tendría sentido.

Dedico este trabajo con mucho cariño a mis padres María y Manuel, gracias por el apoyo y amor que demuestran en todo momento, por ser mi mayor inspiración, por enseñarme el valor del esfuerzo para conseguir cualquier meta que me proponga, por motivarme a superarme día con día y por ser el cimiento sobre el cual mi vida se sostiene.

A mis padrinos Leticia y Alfredo por el gran cariño y generosidad que han mostrado toda la vida, gracias ser parte esencial de este logro.

A mis tíos Minerva y Carlos, Alba y Manuel, Rocío, Antonio, Roberto y Silvia, Elsa y Mario (†), Susana, Vicky y Jaime, gracias por su cariño, por siempre estar presentes y apoyar a mis padres cuando más lo han necesitado.

A mis primos Flora, Letita, Malú, Óscar, Carlos, Carmina, Areli, Linyu, Astrid, Alma (†), Yuri, Mario, Rayo, Lupita, Yeo, Osvaldo (†) y Jaimito, gracias por todos los momentos que hemos pasado juntos, son como los hermanos que siempre quise tener.

A todos mis sobrinos, gracias por darle una nueva luz a nuestras vidas. Luchen siempre por conseguir sus sueños.

A mi gran amigo Carlos y su familia, gracias por formar parte de esta etapa de mi vida, por todas las experiencias que hemos compartido juntos, las recuerdo con mucho cariño.

A todos mis compañeros y amigos de la Facultad, en especial a Victor, Yair, Giovanny, Uriel, Rodrigo, Omar y Luis, gracias por todos los momentos tan amenos dentro y fuera de clases.

A mis profesores y sinodales, M.I. Alba Beatriz Vázquez González, M.I. Sixta Hinndi Mendoza Pérez, M.I. Guadalupe Esther Fuentes Mariles, Ing. Heriberto Esquivel Castellanos, Dr. Luis Antonio García Villanueva, gracias por aceptar ser parte de mi sínodo, por su gran apoyo y amabilidad para concretar este proyecto.

Al Dr. José Luis Argón Hernández, gracias por dirigir este trabajo, por todas las enseñanzas que me ha brindado tanto en el aula como durante el desarrollo de este trabajo. Mi eterno agradecimiento por su confianza y su inagotable tolerancia y comprensión.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Ingeniería por permitirme formar parte de la mejor comunidad académica, por abrir mis horizontes e inspirarme en cumplir todas mis metas.

Investigación realizada gracias al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT) de la UNAM IG100421 *“Análisis de las interacciones entre aguas continentales y marinas en el Golfo de California bajo el enfoque de la fuente al mar como base para su gestión sustentable”*.
Agradezco a la DGAPA-UNAM la beca recibida.

ÍNDICE

RESUMEN.....	III
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. PROBLEMÁTICA.....	2
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	3
1.4. DESCRIPCIÓN.....	3
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. CAUDAL ECOLÓGICO.....	5
2.2. METODOLOGÍAS PARA DETERMINAR EL CAUDAL ECOLÓGICO.....	6
2.2.1. <i>Clasificación.....</i>	<i>7</i>
2.2.2. <i>Métodos hidrológicos.....</i>	<i>8</i>
2.2.3. <i>Métodos hidráulicos.....</i>	<i>9</i>
2.2.4. <i>Métodos hidrobiológicos o de simulación de hábitat.....</i>	<i>10</i>
2.2.5. <i>Métodos holísticos.....</i>	<i>10</i>
2.3. EVALUACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO.....	11
2.3.1. <i>Apéndice Normativo B.....</i>	<i>11</i>
2.3.2. <i>Apéndice Normativo C.....</i>	<i>13</i>
2.3.3. <i>Apéndice Normativo D.....</i>	<i>16</i>
2.3.4. <i>Métodos de flujo mínimo.....</i>	<i>20</i>
2.3.5. <i>Método del perímetro mojado.....</i>	<i>22</i>
2.4. GENERALIDADES DEL CICLO HIDROLÓGICO.....	24
2.5. ELEMENTOS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA.....	25
2.6. ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN FLUVIAL.....	27
2.6.1. <i>Consecuencias sobre las condiciones del hábitat.....</i>	<i>27</i>
2.6.2. <i>Consecuencias sobre las estrategias de vida de las especies.....</i>	<i>28</i>
2.6.3. <i>Consecuencias sobre la conectividad longitudinal y lateral de las riberas.....</i>	<i>29</i>
2.6.4. <i>Consecuencias sobre la invasión de especies exóticas e introducidas.....</i>	<i>31</i>
3. ZONA DE ESTUDIO.....	32
3.1. DELIMITACIÓN GEOPOLÍTICA.....	32
3.2. DELIMITACIÓN HIDROLÓGICA.....	33
3.2.1. <i>Cuencas y ríos.....</i>	<i>33</i>
3.2.2. <i>Presas y embalses.....</i>	<i>36</i>
3.2.3. <i>Estaciones hidrométricas.....</i>	<i>38</i>
3.3. DELIMITACIÓN SOCIOAMBIENTAL.....	40
3.3.1. <i>Uso de suelo y cobertura vegetal.....</i>	<i>40</i>
3.3.2. <i>Climatología.....</i>	<i>42</i>
3.3.3. <i>Geomorfología.....</i>	<i>45</i>
3.3.4. <i>Demografía.....</i>	<i>46</i>
3.3.5. <i>Conservación ambiental.....</i>	<i>47</i>
3.3.6. <i>Actividades económicas.....</i>	<i>49</i>
4. METODOLOGÍA.....	50
4.1. INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA.....	50
4.1.1. <i>Extensión de registros.....</i>	<i>50</i>

4.2. DATOS DE ENTRADA	52
4.2.1. Batimetría	52
4.2.2. Rugosidad	53
4.3. MÉTODOS HIDROLÓGICOS.....	53
4.3.1. Métodos según la NMX-AA-159-SCFI-2012	53
4.3.1.1. Apéndice Normativo B.....	53
4.3.1.2. Apéndice Normativo C.....	63
4.3.1.3. Apéndice Normativo D.....	66
4.3.2. Métodos de flujo mínimo	80
4.3.2.1. Q ₉₀ (USGS).....	80
4.3.2.2. 7Q10 (EPA)	81
4.4. MÉTODO HIDRÁULICO	84
4.4.1. Perímetro mojado	84
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	88
5.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS	90
6. CONCLUSIONES.....	97
7. REFERENCIAS.....	100
8. ANEXOS	108
8.1. ANEXO I. PERFILES BATIMÉTRICOS.....	108
8.2. ANEXO II. CAUDAL MEDIO DIARIO	110
8.3. ANEXO III. CAUDALES ORDINARIOS MÍNIMOS Y MÁXIMOS (RHN VS RHA).....	114
8.4. ANEXO IV. ÍNDICES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA MENSUAL.....	121
8.5. ANEXO V. ÍNDICES DE ALTERACIÓN HIDROLÓGICA ANUAL	123
8.6. ANEXO VI. PROPUESTA DE RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO. METODOLOGÍA HIDROLÓGICA (GARCÍA ET AL., 1999; APÉNDICE NORMATIVO C).	125
8.7. ANEXO VII. PROPUESTA DE RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO. METODOLOGÍA HIDROLÓGICA DE GRAN VISIÓN (APÉNDICE NORMATIVO D)	146
8.8. ANEXO VIII. PROPUESTA DE RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO. METODOLOGÍA HIDROLÓGICA DETALLADA (ALIANZA WWF MÉXICO – FUNDACIÓN GONZALO RIO ARRONTE I.A.P.; APÉNDICE NORMATIVO D).....	151
8.9. ANEXO IX. PROPUESTA DE RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO. METODOLOGÍA HIDRÁULICA (MÉTODO PERÍMETRO MOJADO)	172

1. Introducción

El agua se encuentra presente en la Tierra como efecto de distintos procesos biogeoquímicos que en conjunto forman el ciclo hidrológico el cual, a su vez, impulsa el movimiento continuo del agua por encima, debajo y sobre la superficie de la Tierra. En nuestro planeta el agua se encuentra en estado líquido en cuerpos de agua (mares, lagos, ríos, arroyos, etc.), así como, en los acuíferos. En la atmósfera se puede encontrar en los estados sólido, líquido y gaseoso y sin duda, es un recurso esencial en distintos aspectos (WWF México, 2010).

Por ejemplo, durante el ciclo hidrológico ocurren intercambios de energía con la atmósfera, lo que provoca los cambios de temperatura y la modificación del clima. De igual manera, muchos procesos geológicos dependen del agua, entre ellos, el transporte de sedimentos y la meteorización física y química. Desde el punto de vista biológico, el agua es un elemento crítico para la subsistencia de la vida en la Tierra: para la especie humana es parte esencial de muchos procesos metabólicos y en las plantas es fundamental en procesos como la fotosíntesis y la respiración celular. De este modo, se podrían listar una infinidad de procesos en los que el agua es un elemento esencial (NOAA, 2019).

Sin embargo, dentro de los aspectos biológicos más relevantes se encuentra el rol del agua en la conformación de ecosistemas acuáticos, es decir, aquellos que existen ya sea dentro o alrededor de un cuerpo de agua y están compuestos de comunidades de organismos, su entorno y las interacciones entre ellos. Algunos de los organismos que interactúan en los ecosistemas acuáticos son: peces, anfibios, plantas como las algas y microorganismos como el plancton (Alexander y Fairbridge, 1999).

Bajo este contexto, los ecosistemas de los ríos (ecosistemas lóticos) son un caso particular de ecosistemas acuáticos en los que las interacciones naturales han sido modificadas por distintos impactos humanos, entre los cuales resaltan la captación y extracción del agua para su uso en distintas actividades como la agricultura, el abastecimiento público, la industria y la generación de energía eléctrica (Angelier, 2003).

De acuerdo con lo anterior, en los últimos años se ha identificado que en algunos ríos el grado de regulación y extracción de agua ha llegado a un nivel fuera de lo normal, lo que trae como consecuencia una alteración en el volumen de agua necesario para que los ecosistemas lóticos funcionen de manera efectiva. Los principales efectos de ello incluyen la disminución en las poblaciones de los organismos, cambios en los procesos de erosión y transporte de sedimentos, así como en la calidad del agua. Como respuesta ante las alteraciones en el volumen disponible de agua en cuerpos como ríos y arroyos, se han realizado diversos estudios para buscar la gestión integral de las cuencas. En este ámbito, una de las iniciativas más relevantes y cuya implementación ha aumentado en años recientes se conoce como Metodologías para la Evaluación de Caudal Ecológico (MECE; Arthington, 2012).

Las MECE, se refieren a un conjunto de estudios metodológico sobre la variación del caudal que se da en un río, humedal o zona costera para determinar si cumple con los requerimientos necesarios para garantizar un régimen de flujo que pueda mantener los ecosistemas y sus beneficios donde existen usos del agua que compiten entre sí y donde los caudales se regulan. Los caudales ecológicos son formulados con el objetivo de contribuir de manera decisiva a la salud de los ríos y al desarrollo económico, garantizando la disponibilidad constante de los muchos beneficios que aportan a la sociedad (UICN, 2021).

1.1. Problemática

Como se ha mencionado, en la actualidad una de las principales afectaciones en los ríos es el alto grado de extracción del agua para diversos usos por medio del desarrollo de distintas obras hidráulicas de regulación (presas, diques, bordos, etc.), pues con ello, el régimen natural del caudal de los ríos se altera y trae como consecuencia la puesta en peligro de los sistemas naturales que albergan tanto en el sitio como en sus proximidades (UICN, 2021).

En relación con lo descrito previamente, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) menciona que: “el porcentaje que representa el agua empleada en usos consuntivos respecto al agua renovable es un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico de un país, cuenca o región y se clasifica en distintos niveles: muy alto, alto, medio, bajo y sin estrés” (CONAGUA, 2018).

De este modo, en México a nivel nacional se experimenta un grado de presión promedio del 19.5%, lo cual se considera en un nivel bajo; sin embargo, las zonas centro, norte y noroeste del país experimentan un alto grado de presión. En forma específica, las Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA) que contienen a las cuencas que desembocan al Golfo de California, para el 2018 presentaban los siguientes grados de presión: la región “I Península de Baja California y II Noroeste” (> 80%) y la región “III Pacífico Norte” (40.4 %) (CONAGUA, 2018).

Con lo anterior, podemos observar que, la región geográfica que contiene las cuencas con descarga al Golfo de California adquiere un interés relevante, pues en ella es posible distinguir un problema de disponibilidad de agua. Lo cual, plantea un reto en la administración del agua en estas cuencas, puesto que los organismos que naturalmente las habitan también sufren la falta de este recurso. De hecho, hay evidencia de que la biodiversidad de los ecosistemas dulceacuícolas ya está sufriendo gravemente a causa de la extracción excesiva de agua, la contaminación de los ríos, lagos y aguas subterráneas, así como por la deficiente planeación en el desarrollo de infraestructura hídrica (O’Keeffe y Le Quesne, 2010).

Ello también ha llevado al desarrollo del proyecto PAPIIT IG100421 “Análisis de las interacciones entre aguas continentales y marinas en el Golfo de California bajo el enfoque de la fuente al mar como base para su gestión sustentable”, por parte de tres grupos de trabajo dentro de la UNAM, el Instituto de Ingeniería, el Instituto de Ciencias del Mar y Limnología y la Facultad de Ingeniería. En este último, entre otras, cosas se analizan los flujos clave agua y sedimento. Este trabajo forma parte del análisis del flujo de agua (Barradas, 2021).

De este modo, a mediano y largo plazo, se vuelve necesario establecer y dar seguimiento a la implementación del caudal ecológico en las principales cuencas hidrológicas de un territorio esto a pesar de que, al abordar las necesidades hídricas naturales necesarias para los componentes de los ecosistemas acuáticos, implique disminuir el empleo de agua por parte de uno o más sectores antropológicos (UICN, 2021).

1.2. Justificación

El gran sistema de cuencas que desembocan en el Golfo de California es de especial interés, pues confluye en uno de los mares más importantes del litoral mexicano por su biodiversidad en especies marinas. Del mismo modo, adquiere relevancia adicional debido a que en el plano geográfico se extiende aproximadamente sobre la superficie de siete estados del territorio mexicano, sobre los cuales se llevan a cabo una gran variedad de actividades económicas que requieren el empleo de recursos hídricos y dependen directamente del escurrimiento de estas cuencas, tal como la agricultura, la pesca, el comercio y el turismo (Sans, 2018).

Bajo estas premisas, el desarrollo de la presente tesis es significativo pues se pretende sea de utilidad para una mejor comprensión sobre el comportamiento del escurrimiento de agua a través de las cuencas y con ello, se puedan generar iniciativas para una gestión integral y eficiente de los recursos hídricos, las cuales garanticen el desarrollo económico de la región bajo un enfoque sostenible.

1.3. Objetivos

El presente trabajo de tesis tiene como objetivo general:

- Evaluar el caudal ecológico en las estaciones hidrométricas más cercanas a la línea de costa de las cuencas que desembocan en el Golfo de California, mediante los principales métodos hidrológicos e hidráulicos.

En forma secundaria se plantea cumplir con lo siguiente:

- Comparar el régimen de caudal ecológico de las cuencas (alteradas y no alteradas), mediante el análisis de los indicadores obtenidos para identificar las relaciones y diferencias entra cada tipo.
- Caracterizar el estado de conservación de la zona de estudio.
- Identificar las posibles causas de la alteración del régimen fluvial de las cuencas y las condiciones eco-hidrológicas aledañas a los ríos.

1.4. Descripción

El contenido del presente trabajo de investigación se agrupa esencialmente en los primeros cinco capítulos del escrito. En el primer capítulo se ofrece una breve introducción sobre la problemática que se trata de abordar, centrada principalmente en la importancia de la conservación del equilibrio ecológico de los ríos con relación al volumen disponible de agua para las especies, posteriormente, se exponen los objetivos que se pretenden alcanzar para dar atención a dicha problemática junto con una descripción de la estructura general del escrito.

En el segundo capítulo se presentan los aspectos teóricos más importantes sobre los que se fundamenta el trabajo. El esquema sobre el cual se expone esta información parte del análisis de diferentes definiciones del concepto del caudal ecológico para comprender correctamente los alcances de este. Posteriormente se manifiestan los aspectos fundamentales de las principales metodologías existentes para evaluar el caudal ecológico en un río, entre los que se incluyen su evolución histórica y clasificación, para después describir en forma detallada los procedimientos para la correcta aplicación de los métodos seleccionados en esta tesis.

Otro rubro teórico importante dentro de este capítulo es la explicación de los efectos que tiene la alteración del régimen fluvial en los ríos, pues representa un factor de riesgo sobre las funciones ecológicas de un río y su entorno, afectando principalmente cuatro condiciones específicas, las cuales se abordan detalladamente con una serie de tablas a modo de resumen. Para complementar la información dentro del capítulo, también se describen brevemente las generalidades del ciclo hidrológico y la composición de las cuencas hidrológicas.

El capítulo tercero está enfocado en la delimitación de la zona de estudio, la cual en forma general se compone por las cuencas hidrológicas con descarga al Golfo de California, sin embargo, para este proyecto se consideraron tres criterios diferentes para demarcar la zona: geopolítico, hidrológico y socioambiental. Por medio de ellos se logra situar correctamente la problemática en análisis sobre el territorio geográfico y su entorno, entre los puntos estudiados se encuentran la localización geográfica, tipo y uso de suelo, etc., así como las características generales de la información climatológica, demográfica, económica y ecológica que se consideró relevante.

A continuación, el capítulo cuarto está dedicado al desarrollo puntual de los métodos seleccionados en este trabajo para evaluar el caudal ecológico en los ríos, la mayoría de ellos son los referidos en la NMX-AA-159-SCFI-2012. Para efectos de comparación se utilizan los datos de dos estaciones hidrométricas diferentes: una con un régimen fluvial inalterado y la otra con uno alterado. Los resultados obtenidos al usar estos datos se explican en forma meticulosa y se plasman en tablas y gráficas.

Para iniciar el capítulo quinto, se presenta una tabla resumen con los resultados obtenidos al aplicar los distintos métodos seleccionados en aquellas estaciones hidrométricas dentro de la zona de estudio, cuyas condiciones garanticen un grado de certeza confiable en los valores resultantes. Así mismo, se hace un análisis de dichos valores entre los que se abordan los objetivos ambientales de las cuencas, su estado de alteración fluvial, la variación temporal del régimen natural de los ríos, las propuestas del caudal ecológico para las distintas cuencas analizadas y la relación entre ellos. Adicionalmente se describen algunos de los puntos más relevantes que permiten comparar los resultados de las distintas metodologías y su consistencia con los resultados esperados.

En el capítulo sexto se exponen las conclusiones derivadas de la realización de este trabajo en las cuales se discute la efectividad de los métodos aplicados, algunos de los principales inconvenientes que existen al momento de su aplicación, la relación de los resultados con los objetivos planteados, así como las causas de las condiciones actuales de la zona de estudio para terminar con algunas pautas y recomendaciones para atender aquellas cuencas donde se observan condiciones deficientes o vulnerables y así poder mejorar su estado de conservación.

Los capítulos séptimo y octavo incluyen respectivamente, las referencias bibliográficas y digitales utilizadas para conformar esta investigación, así como, una serie de anexos donde se incluyen las tablas y gráficas que dan sustento a los resultados presentados en el capítulo quinto y que surgen de aplicar los métodos en cada estación hidrométrica analizada.

2. Marco teórico

El campo de estudio de la gestión y restauración de ríos ha evolucionado enormemente en décadas recientes, impulsado principalmente por un aumento en el reconocimiento de la importancia de las variables ecológicas y los servicios ecosistémicos que ofrecen los ríos con un funcionamiento natural. Una de las iniciativas más relevantes que han surgido en este ámbito y cuya implementación ha aumentado en los últimos años se conoce como Evaluación de Caudal Ecológico (Williams et al., 2019).

La evaluación de los caudales ecológicos se basa en la suposición de que en los ríos hay una cierta cantidad de agua que puede utilizarse sin afectar de manera aceptable los servicios que el río aporta como ecosistema. El propósito de los caudales ecológicos es conservar al menos algunos de los patrones naturales de los flujos a todo lo largo de un río, de modo que las personas, los animales y las plantas corriente abajo puedan subsistir y continuar utilizando sus recursos (O’Keeffe y Le Quesne, 2010).

Por ello, es esencial conocer las características principales que se han estudiado sobre los caudales ecológicos por lo que, en este capítulo, se exponen algunas de las principales investigaciones que se han realizado en torno al tema, empezando con algunas definiciones del concepto emitidas por instituciones oficiales e investigadores especializados, posteriormente se describe una breve historia del desarrollo de las metodologías de evaluación de caudales ecológicos y por último se presenta una clasificación de los distintos métodos establecidos para la evaluación de los caudales ecológicos (Benetti et al., 2003).

2.1. Caudal ecológico

El concepto de caudal ecológico ha evolucionado con el tiempo, y su significado se ha desviado del enfoque tradicional que implicaba volúmenes mínimos de agua hacia un enfoque más integral en el cual se abarca un río como un sistema dinámico. Los términos más extendidos para referirse al concepto son ya sea caudal ecológico o caudal ambiental. Aceptaciones como: caudal mínimo, caudal de mantenimiento, caudal de acondicionamiento o caudal de compensación están ahora en desuso y aparecen en las publicaciones más antiguas del tema (González y Banderas, 2015).

A continuación, se presentan las definiciones más usuales emitidas por organismos internacionales:

La definición más aceptada globalmente es la que se dictó y ratificó de manera oficial en la Declaración de Brisbane de 2007 que fue emitida y firmada en el marco del 10° Simposio Internacional de Ríos por más de 750 delegados de 50 países diferentes, en ella se establece que: *“Los caudales ecológicos son la cantidad, calidad y frecuencia que se requiere para sostener el bienestar de los ecosistemas estuarinos y dulceacuícolas, así como, de la población y sus medios de subsistencia”* (The Brisbane Declaration, 2007).

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) definió el concepto de caudal ecológico de la siguiente manera: se trata del régimen hídrico que se da en un río, humedal o zona costera para mantener ecosistemas y sus beneficios donde existen usos del agua que compiten entre sí y donde los caudales se regulan. Además, menciona que contribuyen de manera decisiva a la salud de los ríos, al desarrollo económico y a aliviar la pobreza; garantizan la disponibilidad constante de los muchos beneficios que aportan los ríos a la sociedad y a los sistemas de aguas subterráneas (Dyson et al., 2003).

El Banco Mundial (BM) es otra de las organizaciones que ha hecho esfuerzos por financiar proyectos relacionados con el caudal ecológico, al respecto, definen el concepto como: *“Es el régimen de caudales necesarios para mantener los servicios ecológicos e hidrológicos que proveen los ecosistemas acuáticos”* (Banco Mundial, 2003).

Dentro de las distintas publicaciones del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés), se menciona lo siguiente con respecto al concepto: *“Un caudal ecológico es la cantidad de agua que corre río abajo, preservando el río en las condiciones ambientales deseadas”* (O’Keeffe y Le Quesne, 2010).

Por otro lado, en México el 20 de septiembre de 2012 se publicó en el Diario Oficial de la Federación la Declaratoria de vigencia de la Norma Mexicana MX-AA-159-SCFI-2012, la cual "Establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas". La realización de la norma estuvo a cargo de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y el *World Wildlife Fund* (WWF). En dicha norma, el caudal ecológico, se define como: *"la calidad, cantidad y régimen del flujo o variación de los niveles de agua requeridos para mantener los componentes, funciones y procesos de los ecosistemas acuáticos epicontinentales"* (CONAGUA, 2012).

Para finalizar con este apartado, a continuación, se listan las definiciones de algunos académicos especializados en el tema:

"El caudal ecológico es una parte integral de la continuidad del ciclo hidrológico, manejado en mayor o menor medida por las intervenciones humanas para producir resultados beneficiosos para las especies, los ecosistemas y las personas" (Arthington, 2012).

"Se refiere al proceso para evaluar qué cantidad del régimen original de caudal de un río debe continuar fluyendo aguas abajo con el fin de mantener características específicas del ecosistema" (King et al., 1999).

"El caudal ecológico es un instrumento para informar decisiones como si se debe reservar una parte del caudal de un arroyo para usos ambientales y, de ser así, cuánto y en qué tipo de programa" (Williams et al., 2019).

2.2. Metodologías para determinar el caudal ecológico

Los antecedentes históricos de la evaluación de los caudales ecológicos se pueden remontar hacia mediados del siglo XX y los principales actores en su progreso han sido especialistas de diversas disciplinas como biología, ecología, ingeniería, etc. Sin embargo, inició de manera formal a finales de 1940 en la región Oeste de los Estados Unidos de América (EE. UU.), donde el principal objetivo era formular recomendaciones de flujo en ríos y cauces, generados por el descongelamiento de nieve para proteger a las especies piscícolas de gran importancia (Tharme, 2003).

Hacia la década de 1970 se alcanzó un rápido progreso en el desarrollo de métodos de evaluación, como respuesta a la generación de nuevas legislaciones de carácter medioambiental donde se exigían valoraciones cuantitativas del caudal para proteger especies acuáticas afectadas por la construcción de presas, que para aquella época se encontraba en auge en los Estados Unidos (Poff y Matthews, 2013).

Para el período entre 1980 y 1990 países como Inglaterra, Australia, Sudáfrica y Nueva Zelanda empezaron a involucrarse de manera importante en el tema, seguidos por Brasil, Japón y otros países europeos (Tharme, 2003).

A partir de 1990, dentro de una era moderna, la evolución y expansión de la ciencia del agua para el ambiente ha sido muy importante. En 2002 un estudio internacional registró más de 207 métodos y marcos de trabajo para evaluar el caudal ecológico (Arthington y Zalucki, 1998).

A pesar de la diversidad en fortalezas y limitaciones, para el año 2000 numerosos enfoques de evaluación de caudales ambientales estaban en uso en al menos 44 países dentro de seis amplias regiones: Oceanía, Asia, África, América del Norte, América Central y del Sur, Europa y Medio Oriente (Dyson et al., 2003).

Los lugares que anteriormente habían mostrado poca o ninguna actividad en esta área, a partir del año 2000, comenzaron a tomar en cuenta los principios de evaluación de caudales ambientales y a adaptar los enfoques existentes para la aplicación local, incluidos países adicionales en América Latina, Europa del Este, el sur y el este de Asia y varios países africanos y cuencas fluviales. Los desarrollos más recientes (2010 a la fecha) se están observando en China, Kenia, Tanzania, Colombia y Brasil, donde están reconociendo la influencia del agua ambiental como un elemento importante de la gestión del agua, aunque su implementación no está exenta de desafíos (Tharme, 2003).

2.2.1. Clasificación

Existe una plétora de metodologías para la evaluación del caudal ecológico (MECE); en un estudio dirigido se contabilizó un total de 207 métodos, en el cual, seguramente no se tomaron en cuenta todos los métodos de aquella época y de igual manera, nuevos métodos han sido desarrollados desde entonces. Entre las principales razones por las cuales existe gran cantidad de métodos, es debido a las diferencias entre los ríos: hidrológicas, hidráulicas, geomorfológicas, etc., (Williams et al., 2019)

La motivación principal que ha conducido el desarrollo del estudio de los caudales ecológicos ha sido la preocupación ante la rápida velocidad con la cual se ha extendido el deterioro de la biodiversidad, la condición ecológica y el funcionamiento ecosistémico de los ríos, en los cuales el caudal natural ha sido regulado de manera parcial o total por actividades humanas. Mediante el empleo de los métodos de evaluación del caudal ecológico, ha sido posible adquirir la habilidad para formular cuestionamientos más sofisticados y complejos para guiar el establecimiento de regimenes de caudal con el objeto de restaurar ríos regulados o preservar las características naturales de aquellos ríos donde se planea el desarrollo de nuevas obras hidráulicas (Arthington, 2012).

Las distintas metodologías abarcan un amplio espectro de escala y resolución espacial y su implementación está limitada por el marco de tiempo disponible para la evaluación, la disponibilidad de datos, la capacidad técnica y las finanzas. La mayoría de los métodos existentes se pueden agrupar en cuatro categorías razonablemente distintas, a saber: métodos hidrológicos, métodos hidráulicos, métodos de simulación de hábitat y metodologías holísticas. En la Figura 1 se puede observar un esquema de la clasificación de metodologías, así como algunos ejemplos de los principales tipos de métodos utilizados (CONAGUA, 2012).

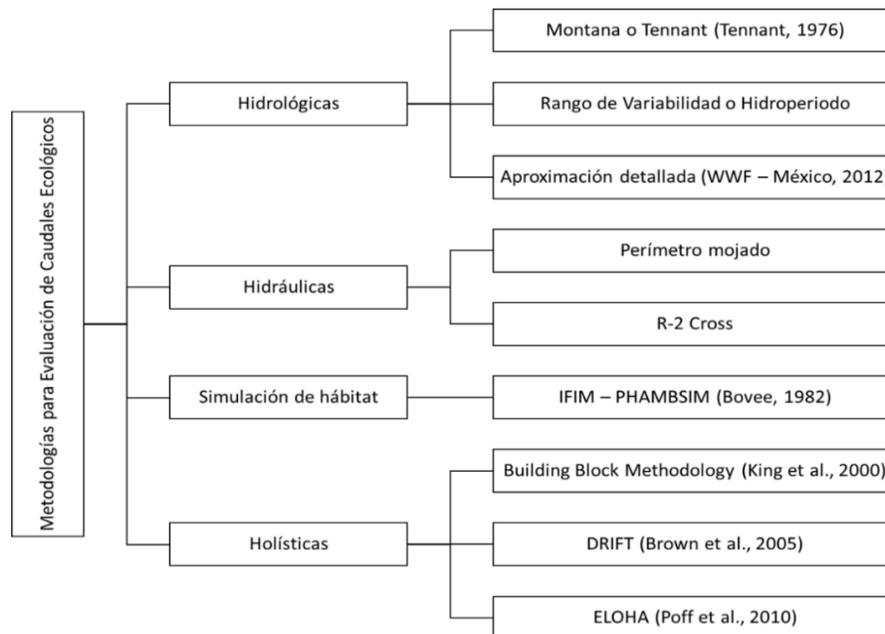


Figura 1. Clasificación y algunos ejemplos de metodologías para el cálculo de caudales ecológicos.
Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA (2012).

Cabe mencionar que son pocos los métodos para los cuales existen manuales que indiquen en forma detallada las pautas de su aplicación, por lo cual, las principales fuentes para guiar nuevos estudios son la gran cantidad de informes y artículos de revistas que presentan descripciones paso a paso de los métodos, así como, comentarios sobre sus fortalezas y limitaciones (Arthington, 2012).

En el contexto geográfico, los diez países con mayor registro de aplicaciones de MECE, fueron: Estados Unidos, Australia, Reino Unido, Canadá, Sudáfrica, Nueva Zelanda, España, Italia, Francia y Portugal. De manera significativa, EE. UU. ha aplicado más del doble de la cantidad de

metodologías que el siguiente país clasificado (37 %). Poco más de la mitad (52%) de los países que representan al mundo desarrollado participan habitualmente en iniciativas de caudal ambiental. En cambio, se nota un marcado contraste en los países en desarrollo, donde este campo es incipiente, pues solo el 11% de dichos países han registrado aplicaciones de MECE (Tharme, 2003).

Los distintos métodos tienden a ser aplicados en forma jerárquica, se suele partir con los enfoques basados en la hidrología los cuales son más apropiados a nivel de planeación de los recursos hídricos (estudios preventivos o para zonas de baja conflictividad por el uso del agua) hasta llegar a la aplicación de métodos más comprensivos y complejos de las metodologías holísticas (CONAGUA, 2012).

En cuanto al número de métodos y aplicaciones registradas, las distintas categorías de metodologías pueden clasificarse de la siguiente manera (Tharme, 2003):

- Las metodologías hidrológicas son las más extendidas y constituyen la mayor proporción del conjunto de metodologías registradas ocupando cerca de 30% del total.
- Las metodologías de simulación de hábitat ocupan el segundo lugar a nivel mundial ya que, con aproximadamente 58 métodos existentes, representan el 28% del conjunto global.
- Los métodos de clasificación hidráulica constituyen el 11% del total, sin embargo, por sí solos están cayendo en desuso.
- Aunque solamente representan cerca del 8% del total global de metodologías existentes, los métodos holísticos se presentan como la vertiente más moderna.

2.2.2. Métodos hidrológicos

Los métodos basados en la hidrología, también conocidos como metodologías de “porcentaje fijo” o de “tabla de consulta”, son aquellos que se limitan a utilizar registros históricos del caudal en un río, con base en el supuesto de que mantener un cierto porcentaje del caudal natural (generalmente sobre un régimen anual, estacional o mensual) representa el requisito para mantener la salud ecológica del río en un nivel aceptable. Se recomienda emplearlos para un nivel básico de análisis o planificación hídrica para zonas de baja conflictividad por el uso del agua (Arthington y Zalucki, 1998).

A partir de la década de 1990, la tasa de aplicación de este tipo de métodos fue decreciendo debido a la introducción de otros más sofisticados, sin embargo, en años recientes los métodos hidrológicos han tenido un nuevo auge, al tomar un enfoque sustentado en regímenes de caudal con los cuales es posible estimar un rango de características ecológicas relevantes relacionadas con el caudal, tales como la magnitud, frecuencia y duración de inundaciones específicas y eventos de bajo caudal (Williams et al., 2019).

Este repunte en su uso se debe a que: *“La fortaleza de los métodos basados en la hidrología recae tanto en la simplicidad de su aplicación, así como, en el enfoque de conservación de las características hidrológicas del río en forma integral”* (Caissie et al., 2015).

Existen alrededor de 60 diferentes técnicas e índices de carácter hidrológico, las cuales, en su mayoría se siguen aplicando hasta la fecha, ya sea con su formulación original, o con cierto grado de modificación para adaptarlos en mejor manera entre las diferentes regiones hidrológicas y eco-tipos de ríos (Poff y Matthews, 2013).

El método de Tennant o Montana se ha convertido en el método hidrológico más empleado a nivel mundial; fue desarrollado en los EE. UU., por Donald L. Tennant en colaboración con el Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los Estados Unidos (USFWS; Tennant, 1976).

El segundo gran subgrupo dentro de los enfoques hidrológicos está compuesto por diversos métodos de asignación de percentiles, derivados del análisis de curvas de duración de escurrimiento y series de tiempo de caudal. Algunos ejemplos de percentiles e índices usados en distintos países usados como recomendación de flujo mínimo incluyen: Q_{95} (descarga de flujo que se puede esperar que sea superada el 95% del tiempo en un año), empleado en Reino Unido, Bulgaria, Taiwán y Australia; Q_{90} usado en Brasil, Canadá y el Reino Unido; $7Q10$ (evento de bajo caudal de 7 días consecutivos con un período de retorno de 10 años) también empleado a lo largo de Brasil a nivel estatal, así como en Norteamérica e Italia (Tharme, 2003).

Sin embargo, desde principios de 1990 diversas metodologías, basadas en índices hidrológicos que abordan en mejor manera la variabilidad del caudal, han ido evolucionando. Estas metodologías incluyen el método Texas (Matthews y Bao, 1991) y el Enfoque de Rango de Variabilidad (Richter et al., 1997).

Los métodos basados en la hidrología siguen siendo los enfoques más utilizados a nivel internacional, muy probablemente debido a la disponibilidad local de series temporales de caudales y a la disponibilidad local de visitas de campo (Organización Meteorológica Mundial, 2019). Aunque todas las regiones en el mundo emplean metodologías hidrológicas, de acuerdo con los registros, se ha notado que Europa y América del Norte aplican un porcentaje notablemente más alto que las regiones restantes, con un 38 % y un 26 %, respectivamente (Tharme, 2003).

2.2.3. Métodos hidráulicos

Los métodos de clasificación hidráulica examinan la tasa a la que cambia la velocidad, el tirante, el perímetro o el ancho de la corriente a medida que se modifica el caudal para posteriormente graficar dicho comportamiento y utilizar puntos de inflexión en estas curvas para recomendar criterios de regímenes de caudal. Emergieron en forma paralela con los hidrológicos, con la intención de cuantificar cómo el flujo de agua interactúa con las fronteras de los canales para crear hábitats acuáticos de profundidad y velocidad variable (Tharme, 2003).

En sus inicios la gran mayoría de estos métodos se desarrollaron para poder brindar recomendaciones a la industria pesquera de salmón en Estados Unidos durante las décadas de 1960 y 1970, sin embargo, con el paso del tiempo han sido utilizados con mayor formalidad en la gestión de los recursos hídricos, especialmente como un complemento a los métodos más sofisticados como los de simulación de hábitat o las metodologías holísticas (Stalnaker y Arnette, 1976).

Un enfoque para desarrollar recomendaciones de caudal, utiliza los puntos de inflexión en las curvas de Perímetro Mojado–Descarga, basado en el supuesto de que las condiciones del hábitat responden en forma proporcional al valor del ancho del cauce. Sin embargo, a partir de un estudio de campo a largo plazo, se demostró que el potencial de crecimiento de los juveniles de salmón del Atlántico y trucha de arroyo aumentó de forma lineal con la descarga en primavera, verano y otoño, lo que contradice esa suposición (Armstrong y Nislow, 2012).

Otro enfoque, hace un uso explícito de las relaciones en la geometría hidráulica. A pesar de la obvia variabilidad entre y a lo largo de los ríos, varios autores han informado que las regularidades que parecen existir en la geometría hidráulica se pueden utilizar con ventaja en la evaluación del caudal ecológico (Jowett, 1998).

Es probable que el uso de la geometría hidráulica para determinar las relaciones entre peces y hábitat produzca resultados que tienen poca relación con la corriente real en la que viven los organismos. La geometría hidráulica puede tener un lugar en situaciones de escasez de datos, por lo que debe usarse con mucha precaución. Las metodologías hidráulicas tienen un alcance geográfico limitado, lo cual, se evidencia por la aplicación desproporcionada de más metodologías hidráulicas en América del Norte que en cualquier otra región del mundo (76%), con solo otras dos regiones (Europa y Australasia) que han utilizado estas MECE hasta la fecha (Williams et al., 2019).

Los métodos de valoración hidráulica (*Hydraulic Rating*) constituyen el 11% del conjunto global de metodologías. El método hidráulico más empleado a nivel mundial es el método genérico del perímetro mojado, por medio de cual, se define una descarga mínima aceptable que mantiene húmedo el hábitat acuático para secciones transversales de canales o tramos de arroyos seleccionados (representativos y/o críticos). El otro método más empleado es conocido como R-2 Cross (Tharme, 2003).

2.2.4. Métodos hidrobiológicos o de simulación de hábitat

En general, los métodos de simulación de hábitat se tratan de un conjunto de procedimientos que se han ido desarrollando de manera gradual desde finales de los años ochenta. Con este tipo de métodos es posible estimar las condiciones ecológicas del hábitat en función del caudal. Es decir, el hábitat aledaño del río es evaluado para diferentes tipos de régimen de caudal y posteriormente, se construye un gráfico de todos los casos para obtener una curva que relaciona las condiciones ecológicas del hábitat con el valor del caudal (Tharme, 2003).

El análisis de estos métodos busca determinar la aptitud de los hábitats físicos existentes en los cauces para ciertas especies objetivo y bajo diferentes escenarios hidrológicos, hidráulicos o biológicos. Los resultados correspondientes, obtenidos en forma de curvas hábitat-caudal para la biota, se emplean para predecir los caudales ecológicos (Armstrong y Nislow, 2012).

Esta clase de metodologías combina el uso de modelos hidráulicos con modelos biológicos para simular las condiciones del hábitat. Los modelos biológicos, usualmente son empleados para predecir la forma en cómo los peces se distribuyen en los hábitats por lo cual, también son conocidos como Modelos de Distribución de Especies (MDE). El modelado de distribución de especies es un área de investigación muy activa, en gran parte debido a las preocupaciones sobre cómo el cambio climático afectará la distribución de especies (Elith y Leathwick, 2009).

En cuando a los modelos hidráulicos, hasta hace poco su precisión para la simulación de hábitat era cuestionable y aún se utilizan modelos de calidad pobre, sin embargo, han surgido otros de características mucho mejores, por ejemplo, los modelos en una dimensión o dos dimensiones (Kondolf et al., 2000)

El correcto desempeño de los modelos hidráulicos para predecir las condiciones del caudal, depende en gran medida en la complejidad morfológica del cauce. Por otro lado, los mayores problemas con los modelos de simulación de hábitat son aquellos que tienen que ver con las consideraciones biológicas (Williams et al., 2019).

Las metodologías de simulación de hábitat ocupan el segundo lugar a nivel mundial ya que, con aproximadamente 58 métodos existentes, representan el 28% del conjunto global. Sin embargo, se puede considerar que sólo la mitad de los métodos cumplen con las características adecuadas para simular el hábitat, pues los demás solo han sido utilizados dentro de los EE.UU. En el ámbito geográfico, este mismo país es el líder pues han sido registradas más de la mitad de las aplicaciones de este tipo de metodologías. De las demás regiones geográficas, sólo en África y América Latina se han tenido aplicaciones menores (Tharme, 2003).

La metodología más destacada es conocida como *IFIM* (*Instream Flow Incremental Methodology*) y suele ser empleada junto con su componente *PHABSIM* (*Physical Habitat Simulation System*) (Bovee et al., 1998). Otros de los métodos son: *CASiMiR* (*Computer Aided Simulation Model for Instream Flow Requirements*) o el *Método Francés de Evaluación del Hábitat* (Dunbar et al., 1998; Mouton et al., 2013).

2.2.5. Métodos holísticos

La perspectiva holística o de ecosistema integral surgió en forma conceptual a partir del crecimiento en la comprensión científica de las relaciones entre el caudal y la ecología. Los métodos holísticos, pueden ser entendidos más como procedimientos o protocolos de actuación, los cuales, definen los caudales ecológicos a través de una solución consensuada proveniente de un análisis de la magnitud y distribución del caudal que requieren los componentes del sistema fluvial objetivo, ya sean, aspectos abióticos (geomorfología, calidad del agua, etc.), ecológicos (comunidades naturales), perceptuales (paisaje), socioeconómicos, culturales o un conjunto de ellos (Climate Technology Centre and Network, 2018).

Su origen se puede situar hacia finales de los ochenta, cuando la atención en la restauración y conservación de los ríos se extendió más allá de especies individuales (flora o fauna). Por ello, junto con los avances de la época en la teoría ecológica, se incorporó una visión comunal o ecosistémica en la evaluación de caudales ecológicos y se estableció que la variabilidad y perturbación hidrológica resultan elementos clave para mantener un ecosistema acuático y dinámico que brinde las condiciones en donde múltiples especies puedan coexistir con el tiempo (Williams et al., 2019).

El enfoque básico para cuantificar la alteración hidrológica ha sido comparar un hidrograma modificado actual con un hidrograma de referencia previo al impacto, que generalmente se considera que refleja el rango natural de variación (Auerbach et al., 2012; Richter et al., 1997).

Un aspecto fundamental de los enfoques holísticos es el uso de largos periodos de series de tiempo hidrológicas, tales como, flujos diarios o mensuales para derivar un conjunto de métricas que cuantifican varios aspectos de la magnitud, frecuencia, tiempo, duración y tasa de cambio en el caudal. Y aunque solamente representan cerca del 8% del total global de metodologías existentes, los métodos holísticos son la vertiente más moderna y han contribuido favorablemente al campo de la evaluación de caudales ecológicos en años recientes (Tharme, 2003).

La metodología *Building Block Methodology* (BBM) es el método holístico más aplicado a nivel mundial, sus aplicaciones han sido en su mayoría en Sudáfrica y Australia. Otros métodos existentes son los marcos de trabajo *Downstream Response to Imposed Flow Transformations* (DRIFT) y *Ecological Limits of Hydrologic Alteration* (ELOHA) los cuales se han desarrollado en la última década (Poff et al., 2010; King et al., 2008).

En el contexto geográfico, gran parte de los métodos holísticos disponibles solamente han sido utilizados dentro de la región de Australia y Nueva Zelanda (65% del total general). El continente africano posee la siguiente representación más alta como resultado de los esfuerzos en investigación realizados en Sudáfrica. En América y Europa, se puede considerar que la aplicación de estos métodos se encuentra en ciernes debido a que, en estas regiones son más populares las metodologías de simulación de hábitat (Arthington, 2012).

2.3. Evaluación del caudal ecológico

La evaluación del caudal ecológico consiste en aplicar una o varias de las metodologías descritas como una medida de regulación, uso y conservación del agua para proteger los sistemas relacionados y propiciar un desarrollo sostenible en la cuenca. En este trabajo se aplicarán métodos hidrológicos e hidráulicos; los primeros corresponden a tres métodos recomendados por la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 y dos de flujos mínimos; así como el método hidráulico más empleado, el método del perímetro mojado. El procedimiento de la aplicación de cada uno de ellos se describe en los apartados siguientes (CONAGUA, 2012).

2.3.1. Apéndice Normativo B

El objetivo de este procedimiento es determinar si existe o no afectación significativa al régimen hidrológico natural debido a la presencia de infraestructura hidráulica o hidroeléctrica. En forma estricta, no es considerado un método para la evaluación del caudal ecológico, pero es un buen indicador para evaluar el estado de una corriente e identificar si es conveniente aplicar un método para el cálculo ecológico (CONAGUA, 2012).

La información que se requiere es una serie a escala diaria de cuando menos 20 años completos de información para cada régimen hidrológico natural (RHN) y actual o presumiblemente alterado (RHA), es decir, 40 años en total. Para series menores se deberá analizar la representatividad de esta en cuanto a la presencia de años húmedos, medios, secos y muy secos. El procedimiento para su aplicación es el siguiente (CONAGUA, 2012):

a. Identificar las corrientes donde se realizará el estudio de los caudales ecológicos.

Para dar inicio es necesario identificar las corrientes a evaluar sus aportaciones y los puntos críticos donde se puedan producir los cambios más acusados al variar el caudal. De igual manera es recomendable identificar la estación hidrométrica que servirá como fuente de los registros hidrométricos, así como la ubicación geográfica de la cuenca en estudio.

b. Ordenar a partir de la información hidrológica de la serie diaria, los caudales medios mensuales, separando las series en RHN y RHA.

Para dividir la información disponible en los periodos de RHN y RHA, se tienen que tomar en cuenta distintas características propias de la corriente; en primer lugar, se recomienda graficar todos los datos de caudal medio diario para observar si se presenta alguna alteración significativa en el comportamiento de los caudales en un año determinado el cual podría tomarse como punto de división entre los periodos. Así mismo, la existencia de obras hidráulicas cercanas a la estación, la presencia de distritos de riego, la evolución en el crecimiento poblacional del sitio, la existencia de programas de conservación, etc., son algunos rubros que considerar.

c. Calcular para cada mes del año en la serie de RHN los percentiles 90 y 10, tanto mensuales como anuales.

Un percentil es una medida de posición estadística que indica cómo se distribuyen los valores de una serie de datos. Los percentiles dividen la sucesión de datos ordenados en cien partes porcentualmente iguales e indica, una vez ordenados los datos de menor a mayor, el valor de la variable por debajo del cual se encuentra un porcentaje dado de observaciones en un grupo. Existen distintas fórmulas y algoritmos para el cálculo de los percentiles. Para el caso de una serie de datos no agrupados, uno de los métodos consiste en el uso de un índice porcentual para obtener la posición de percentil deseado dentro de la serie de datos ordenada. En primer lugar, se obtiene el índice porcentual (Fernández y Guitart, 2020):

$$i = \frac{nk}{100}$$

Donde: i es el índice porcentual, n el número de elementos de la muestra y k el percentil deseado

El resultado es un número real con una parte entera (E) y una parte decimal (D). Posteriormente, se aplica la siguiente función:

$$P_k = \begin{cases} \text{elemento}(E + 1) & \text{para } D \neq 0 \\ \frac{\text{elemento}(E) + \text{elemento}(E + 1)}{2} & \text{para } D = 0 \end{cases}$$

Donde: P_k es el valor del percentil k , E la parte entera del índice porcentual y D la parte decimal del índice porcentual.

Lo anterior indica que cuando el índice porcentual (i) no sea un número entero, el valor del percentil k corresponde al valor del elemento en la posición $E+1$ dentro de la serie de datos ordenados. En caso de que el índice porcentual sea un número entero, el valor del percentil k se obtiene con el promedio del valor de los elementos que se encuentren en la posición E y $E+1$ dentro de la serie de datos ordenados (Fernández y Guitart, 2020).

La metodología de la norma propone el uso de los percentiles 10 y 90 sobre los caudales medios mensuales de cada año para la serie de caudales del RHN, como un indicador del régimen de caudales máximos y mínimos ordinarios. Para el cálculo de la aportación media anual basta con sumar todos los valores de los respectivos percentiles. De igual manera, el caudal medio anual es igual al promedio de todos los valores para los percentiles 10 y 90 respectivamente (CONAGUA, 2012).

- d. Verificar si los caudales mensuales y anuales del RHA se encuentran contenidos en el régimen de caudal ordinario máximo (P90) y mínimo (P10) sugeridos por el RHN.

Como se mencionó previamente, los percentiles 10 y 90 sirven como umbrales mínimo y máximo respectivamente ya que la diferencia entre ellos considera el 80% de la parte central de la distribución de los datos registrados. Tanto de manera mensual como anual, se tiene que observar en el RHA en qué casos se presentan valores de caudal medios mensuales que se encuentre entre los percentiles P10 y P90 calculados para cada mes o para un año, según sea aplicable. Finalmente, la norma indica los siguientes criterios para determinar la alteración hidrológica de la corriente en estudio (CONAGUA, 2012):

- a. Si el RHA cumple en magnitud mensual y anual más de un 50 % con relación al RHN, se considerará hidrológicamente no alterado.
- b. Si el cumplimiento del RHA es menor al 50 % en su magnitud mensual y anual con relación al RHN, se considerará alterado.

Es conveniente registrar en una tabla independiente, los casos en los que los valores de caudal medio mensual están contenidos dentro de los percentiles 10 y 90. También se recomienda representar en forma gráfica el índice de alteración hidrológica mensual y anual, con los meses o los años según corresponda, en el eje de las abscisas y en las ordenadas la aportación del caudal medio mensual o anual pudiéndose presentar con escala logarítmica. Dentro del gráfico también se representan los valores obtenidos para los percentiles 10 y 90 calculados, así como los promedios de todos los datos mensuales o anuales registrados (CONAGUA, 2012).

2.3.2. Apéndice Normativo C

Esta metodología es una modificación del método de Tennant (Tennant, 1976), en la cual se toman en cuenta algunos criterios particulares para zonas tropicales donde se considera una variación climatológica trimestral anual tratando de reproducir las variaciones de caudal durante el año, tal como sucede en México (García et al., 1999).

Tal como fue planteado originalmente por Tennant, el objetivo de este método permite obtener el caudal ecológico como un régimen anual basado en porcentajes fijos que se aplican sobre los datos disponibles de caudal medio mensual (Tennant, 1976).

La información requerida consiste en un registro de por lo menos 20 años continuos que representen las condiciones prístinas o no alteradas para la corriente en estudio. El procedimiento requerido para su aplicación es el siguiente (CONAGUA, 2012):

- a. Selección del sitio de estudio.

Se tiene que identificar la corriente a evaluar sus aportaciones y los puntos críticos donde se puedan producir los cambios más acusados al variar el caudal. De igual manera es recomendable identificar la estación hidrométrica que servirá como fuente de los registros hidrométricos, así como la ubicación geográfica de la cuenca en estudio.

- b. Selección de la serie de datos.

Para la cuenca se obtendrán los caudales originales o naturales medios diarios de cuando menos 20 años de información hidrométrica continua, a partir de la información registrada en las estaciones hidrométricas. Cabe señalar que antes de iniciar los cálculos necesarios para la determinación del régimen de caudal ecológico, se construirá un hidrograma para cada uno de los años, identificando posibles errores en los datos que pudieran sesgar los resultados.

- c. Determinación del régimen de años secos, medios y húmedos.

Se procede a identificar el valor máximo para cada mes a partir de los caudales medios mensuales y se determina el año con mayor volumen de escurrimiento (año húmedo), como:

$$Enero_{húmedo} = \text{Valor máximo} (Enero_{año_1}, Enero_{año_2}, Enero_{año_3}, \dots, Enero_{año_n})$$

$$Febrero_{húmedo} = \text{Valor máximo} (Febrero_{año_1}, Febrero_{año_2}, Febrero_{año_3}, \dots, Febrero_{año_n})$$

⋮

$$Noviembre_{húmedo} = \text{Valor máximo} (Noviembre_{año_1}, Noviembre_{año_2}, Noviembre_{año_3}, \dots, Noviembre_{año_n})$$

$$Diciembre_{húmedo} = \text{Valor máximo} (Diciembre_{año_1}, Diciembre_{año_2}, Diciembre_{año_3}, \dots, Diciembre_{año_n})$$

De igual manera, para el año seco se identifican los valores mínimos de cada mes y se determina el año con menor escurrimiento, tal como se indica en las siguientes funciones:

$$Enero_{seco} = \text{Valor mínimo} (Enero_{año_1}, Enero_{año_2}, Enero_{año_3}, \dots, Enero_{año_n})$$

$$Febrero_{seco} = \text{Valor mínimo} (Febrero_{año_1}, Febrero_{año_2}, Febrero_{año_3}, \dots, Febrero_{año_n})$$

⋮

$$Noviembre_{seco} = \text{Valor mínimo} (Noviembre_{año_1}, Noviembre_{año_2}, Noviembre_{año_3}, \dots, Noviembre_{año_n})$$

$$Diciembre_{seco} = \text{Valor mínimo} (Diciembre_{año_1}, Diciembre_{año_2}, Diciembre_{año_3}, \dots, Diciembre_{año_n})$$

El año considerado como medio se determina a partir del promedio de cada uno de los meses a partir de los caudales medios mensuales. Del análisis de hidrogramas se deberá determinar el caudal base, que corresponde al caudal medio mensual mínimo y representa la aportación del acuífero a la corriente en estudio:

$$Enero_{medio} = \text{Promedio} (Enero_{año_1}, Enero_{año_2}, Enero_{año_3}, \dots, Enero_{año_n})$$

$$Febrero_{medio} = \text{Promedio} (Febrero_{año_1}, Febrero_{año_2}, Febrero_{año_3}, \dots, Febrero_{año_n})$$

⋮

$$Noviembre_{medio} = \text{Promedio} (Noviembre_{año_1}, Noviembre_{año_2}, Noviembre_{año_3}, \dots, Noviembre_{año_n})$$

$$Diciembre_{seco} = \text{Promedio} (Diciembre_{año_1}, Diciembre_{año_2}, Diciembre_{año_3}, \dots, Diciembre_{año_n})$$

d. Determinación de los periodos de estiaje y avenidas.

Para la determinación de periodos de estiaje y avenida dentro de años secos, medios y húmedos, todos los valores de caudales medios mensuales que se encuentren por encima del valor del Escurrimiento Medio Anual (EMA), se considera periodo de avenida. El valor de EMA se obtiene del promedio de todos los valores del caudal medio mensual para los años en análisis.

e. Formulación de propuestas de régimen de caudal ecológico mensual y anual para un año tipo y un objetivo ambiental asociado.

Para proponer un régimen de caudal ecológico es necesario tener como referencia las recomendaciones de porcentajes que se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Recomendaciones de porcentaje de caudales con objetivos ambientales relacionado.				
Fuente: (CONAGUA, 2012).				
Objetivo ambiental	Periodo			
	Estiaje		Avenida	
	% EMA	%Q _{mi}	% EMA	%Q _{mi}
A	30	100	60	50
B	20	80	40	40
C	15	60	30	30
D	5	40	10	20

El régimen de caudal ecológico mensual (Q_{mi}) se determina a partir del año medio, con los porcentajes propuestos en la Tabla 1, para cada periodo dentro del año (estiaje y avenida), tomando como base un objetivo ambiental seleccionado. Para el régimen de caudal ecológico anual, este es determinado a partir de la selección de un año tipo (seco, medio o húmedo). Después de la elección del año tipo se determinan los porcentajes para el periodo de estiaje y lluvia respectivamente, de acuerdo con los valores propuestos en la Tabla 1 para el % EMA.

f. Construcción del hidrograma de régimen de caudal ecológico mensual y anual.

Esta etapa supone el final del procedimiento ya que con ella se representa en forma gráfica la propuesta de caudal ecológico basada en los porcentajes seleccionados previamente.

Para el régimen mensual, esencialmente consiste en aplicar los porcentajes de % Q_{mi} sobre los valores de cada mes que representan al año medio y posteriormente plasmarlos en un hidrograma; en el eje de las abscisas se presentan los días del año desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre, mientras que, en el eje de las ordenadas se colocan los valores de caudal, pudiéndose representar en escala logarítmica.

Dentro del mismo hidrograma es posible representar el régimen anual, el cual se obtiene de aplicar los porcentajes de %EMA sobre el valor del escurrimiento medio anual de los registros históricos de caudal. Adicionalmente, se tienen que agregar las rectas que representan al valor del EMA y el caudal base (Q_{base}) obtenido del análisis de hidrogramas anuales, las cuales, sirven como indicadores. De igual manera, se tienen que agregar unas rectas que indiquen la separación de los periodos de avenida y estiaje a lo largo del año.

Tanto para el régimen anual como para el mensual (estiaje y lluvias), el valor del caudal ecológico nunca debe ser mayor al caudal medio mensual (Q_{mi}) ni menor al caudal base (Q_{base}).

A continuación, se presenta un hidrograma (Figura 2) como ejemplo para representar el régimen de caudal ecológico:

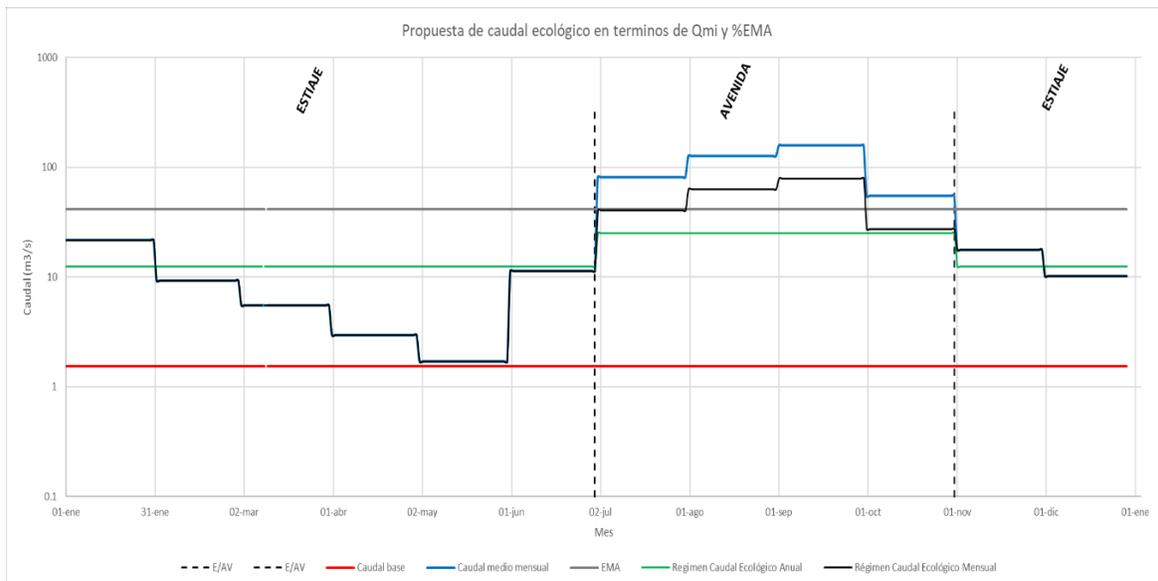


Figura 2. Determinación del hidrograma con el régimen de caudal ecológico mensual y anual para un objetivo ambiental seleccionado considerando el caudal base.

Fuente: Elaboración propia con información de CONAGUA (2012)

2.3.3. Apéndice Normativo D

Esta metodología puede ser dividida en dos partes, la primera es una aproximación hidrológica de gran visión que tiene como finalidad determinar un régimen anual de caudales, así como, un volumen de agua a reservar con finalidad ambiental y se puede aplicar en aquellas corrientes o cuerpos de agua a nivel de cuenca hidrológica donde se pretenda conservar su régimen hidrológico natural. Al igual que en los casos anteriores, se requiere una serie en régimen natural (sin cambios significativos por efectos antropogénicos) con al menos 20 años completos de información. Para tamaños menores de la serie se deberá analizar la representatividad de la misma en cuanto a la presencia de años húmedos, medios, secos y muy secos. Asimismo, en casos donde la serie sea mayor a 20 años, y en los términos del *Apéndice Normativo B* el régimen hidrológico no se encuentre significativamente alterado, podrá utilizarse la serie completa (CONAGUA, 2012).

La segunda parte es una aproximación hidrológica detallada, con la cual, es posible obtener un régimen anual de caudales ordinarios estacionales para las condiciones hidrológicas húmedas, medias, secas y muy secas; un régimen de avenidas, considerando al menos tres categorías de avenidas (intra-anales, interanuales de baja magnitud e interanuales de media magnitud) con sus correspondientes atributos de magnitud, duración, frecuencia, momento de ocurrencia y tasa de cambio y por último; un volumen anual de reserva con finalidad ambiental (Salinas-Rodríguez, 2011).

En los siguientes párrafos se describe el procedimiento para aplicar la aproximación hidrológica de gran visión metodología de acuerdo con lo estipulado por la Norma (CONAGUA, 2012):

- a. Determinar el objetivo ambiental para la cuenca.

De acuerdo con la ubicación de la cuenca y conforme a lo señalado en el *Apéndice Normativo A* de la Norma se asigna el objetivo ambiental.

- b. Calcular el caudal medio mensual (CMM) para todos los meses del año

Con base a los registros históricos se tiene que calcular el promedio de los caudales medios mensuales para todos los meses del año, es decir, si se cuenta con 20 años de información hidrométrica, el valor del CMM para el mes de enero, será el resultado de promediar los 20 valores de caudal medio mensual para ese mes y así sucesivamente para los meses restantes.

- c. Según el objetivo ambiental y la naturaleza de la corriente (permanente o intermitente), considerar el intervalo de porcentajes del Ecurrimiento Medio Anual (EMA) como valores de referencia para caudal ecológico

Para aplicar este paso, es necesario conocer los porcentajes propuestos en la norma para asignar un volumen de caudal ecológico (Tabla 2).

Tabla 2. Valores de referencia para asignar un volumen de caudal ecológico conforme a los objetivos ambientales.			
Fuente: (CONAGUA, 2012).			
Objetivo ambiental	Estado de conservación	Caudal ecológico (%EMA)	
		Corrientes perennes	Corrientes temporales
A	Muy bueno	≥ 40	≥ 20
B	Bueno	25-39	15-19
C	Moderado	15-24	10-14
D	Deficiente	5-14	5-9

- d. Asignar un porcentaje de reserva dentro del intervalo definido por el objetivo ambiental.

En esta etapa se debe seleccionar un porcentaje y aplicarlos sobre el CMM calculado para cada mes. El ajuste al interior del intervalo definido por el objetivo ambiental deberá realizarse de mayor a menor considerando en todo momento el interés de conservación de las cuencas, posibles conflictos con el resto de los usos del agua o las condiciones particulares de la masa de agua.

- e. Representar el hidrograma con la propuesta del régimen de caudal ecológico seleccionada.

Con el objetivo de tener una mejor comprensión del régimen propuesto, resulta conveniente plasmar los resultados obtenidos en un hidrograma donde se represente el CMM para todo un año, así como, el régimen de caudal ecológico seleccionado y los valores de referencia de la Tabla 2. El valor de los caudales se puede representar en escala logarítmica, tal como se muestra en el ejemplo de la Figura 3:

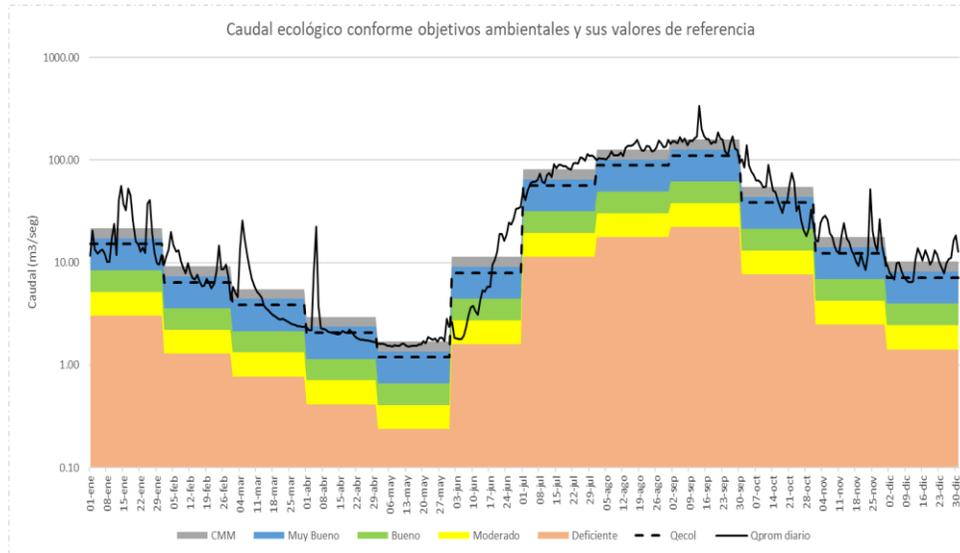


Figura 3. Hidrograma con el régimen de caudal ecológico para un objetivo ambiental considerando los valores de la aproximación hidrológica de gran visión.

Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (2012)

A continuación, se describe el procedimiento para la aproximación hidrológica detallada siguiendo las recomendaciones de la *Guía rápida para la determinación de caudales ecológicos* (Salinas-Rodríguez, 2011):

- f. Identificar los lugares donde se realizará el estudio de los caudales ecológicos.

Con la identificación geográfica de los lugares a estudiar, es posible determinar el objetivo ambiental para cada sitio de estudio conforme al *Apéndice Normativo A*.

- g. Organizar la serie de caudales medios mensuales en años hidrológicos.

En caso de partir de una serie hidrológica de caudales diarios, determinar la serie de caudales medios mensuales.

- h. Calcular los percentiles 0, 10, 25 y 75 para cada mes a partir de las series mensuales ordenadas.

Consiste en asociar el tipo de régimen de caudales ordinarios estacionales (húmedo, medio, seco y muy seco) a los percentiles 75, 25, 10 y 0 respectivamente. El percentil 0 se define como el valor mínimo en la lista ordenada.

- i. Identificar las frecuencias de ocurrencia de los regímenes de caudales ordinarios estacionales

Según la clase de objetivo ambiental definida para el río en la implementación del régimen de necesidades hídricas, se tendrá en cuenta las frecuencias de ocurrencia que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Criterios para la integración de los caudales ordinarios a partir de las frecuencias de ocurrencia de distintas condiciones hidrológicas.
Fuente: (CONAGUA, 2012).

Objetivo ambiental	Frecuencias de ocurrencia			
	Muy seco	Seco	Medio	Húmedo
A	0.2	0.3	0.4	0.1
B	0.4	0.4	0.2	0.0
C	0.6	0.4	0.0	0.0
D	1.0	0.0	0.0	0.0

j. Determinar el volumen anual a reservar con finalidad ambiental.

El volumen anual por reservar con finalidad ambiental de éstos será definido a partir del volumen anual de cada uno, multiplicado por sus correspondientes frecuencias de ocurrencia. Este volumen se determina mediante la siguiente expresión:

$$V_{t_{CoE}} = (f_{CoEH} * V_{CoEH}) + (f_{CoEM} * V_{CoEM}) + (f_{CoES} * V_{CoES}) + (f_{CoEMS} * V_{CoEMS})$$

Donde: $V_{t_{CoE}}$ es el volumen total del caudal ordinario estacional, f_{CoE} la frecuencia de ocurrencia de un régimen "i" y V_{CoE} el volumen del régimen de caudales ordinarios estacionales "i". Siendo "i" las condiciones húmedas, medias, secas y muy secas.

k. Identificar los caudales máximos diarios.

Sobre la serie diaria de datos hidrológicos disponible, identificar el periodo que presente un comportamiento hidrológico donde no se encuentre afectado significativamente el régimen de avenidas. Para cada año natural dentro de ese periodo, identificar su caudal máximo diario.

l. Calcular y categorizar las avenidas tipo con un periodo de retorno de 1, 1.5 y 5 años.

Este paso es necesario para identificar la magnitud de las avenidas tipo, para ello, se toman los caudales máximos anuales de la serie histórica y se realiza un ajuste utilizando diferentes distribuciones estadísticas (p.e. Gumbel Tipo I, Log Pearson Tipo III, Log Normal, etc.), mediante la obtención del promedio de la magnitud de las avenidas para los periodos de retorno considerados. Los periodos de retorno servirán para identificar las avenidas Categoría I, II y III respectivamente;

m. Caracterizar los patrones de duración de los tres tipos de avenidas.

Para conocer la duración de las avenidas para cada categoría, contabilizar el número de días seguidos con valor por encima de sus correspondientes umbrales (los días seguidos constituyen eventos).

n. Caracterizar los patrones de momento de ocurrencia de los tres tipos de avenidas.

Para conocer el momento de ocurrencia, se debe contabilizar para cada categoría los meses en los que se producen. Cuando los tres tipos de avenida se presenten en el calendario de forma similar, se podrá considerar una nueva columna que aglutine por meses todos los eventos de avenida (categoría I + categoría II + categoría III).

o. Caracterizar los patrones de tasa de cambio de los tres tipos de avenidas.

Para determinar la tasa de cambio de los caudales diarios en los eventos de avenidas, sobre la serie de caudales diarios, separar inicialmente los días de avenida (caudal mayor al valor de la categoría I) del resto de días. Sobre esta nueva serie (incluye sólo los caudales de avenida) calcular las tasas de cambio entre días consecutivos mediante la ecuación:

$$Tc = - \frac{Q_i - Q_{i+1}}{Q_i} * 100$$

Donde: Tc es la tasa de cambio (%), Q_i el Caudal medio en un día "i" y Q_{i+1} el caudal medio del día siguiente

p. Adopción de una propuesta de régimen de avenidas

Consiste en identificar el tipo y características de las avenidas que formarán parte de la propuesta global de caudales ecológicos. Los criterios recomendados son los siguientes (Salinas-Rodríguez, 2011):

- La magnitud representativa de los tres tipos de avenidas corresponde a aquellos valores que ha servido para identificarlas (categoría I, II y III).
- Para adoptar una duración representativa de cada tipo de avenida, se recomienda usar el periodo que suma aproximadamente el 75% de los casos.
- En cuanto al momento de ocurrencia, se agrupan los meses que sumen aproximadamente el 80% de los días en los que tuvo lugar una avenida.
- Para la propuesta de la tasa de cambio representativa, se sugiere seleccionar para los incrementos positivos el percentil 90 (tasa de ascenso sólo superada en el 10% de las ocasiones) y para los incrementos negativos el percentil 10 (que al ser negativo también implica que la tasa de descenso sólo es superada en el 10% de las ocasiones).
- La frecuencia de ocurrencia de las avenidas sirve como criterio de adopción para ajustar la propuesta de régimen de avenidas a los objetivos ambientales. Tomando como referencia la ocurrencia de avenidas tipo para un periodo hipotético de 10 años, la frecuencia de cada tipo de avenidas en función de los objetivos ambiental se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Criterios de integración de las avenidas tipo a partir de sus frecuencias de ocurrencia según objetivos ambientales.			
Fuente: (Salinas-Rodríguez, 2011).			
Objetivo ambiental	Régimen de avenidas		
	Categoría 3	Categoría 2	Categoría 1
A	2	6	10
B	2	3	5
C	1	2	3
D	1	1	1

Calcular el volumen total del régimen de avenidas.

El régimen de avenidas se calcula a partir del volumen anual de cada tipo de avenida, multiplicado por sus respectivas frecuencias de ocurrencia utilizando la siguiente expresión:

$$Vt_{Ra} = (f_{aI} * d_{aI} * V_{aI}) + (f_{aII} * d_{aII} * V_{aII}) + (f_{aIII} * d_{aIII} * V_{aIII})$$

Donde: Vt_{Ra} es el volumen total del régimen de avenidas, f_{ai} la frecuencia de ocurrencia de una avenida "i", d_{ai} la duración de una avenida "i" y V_{ai} el volumen de una avenida "i". Siendo "i" las categorías de las avenidas (Tipo I, II y III).

q. Calcular el volumen final de reserva

El volumen final de reserva surge de la suma del volumen total del caudal ordinario estacional junto con el volumen total de régimen de avenidas como:

$$Vf_R = Vt_{Coe} + Vt_{Ra}$$

2.3.4. Métodos de flujo mínimo

El flujo mínimo es el flujo de agua en una corriente durante un clima seco prolongado. Existen múltiples métodos para determinar el flujo mínimo, entre los más usuales están el Q90 y el 7Q10, los cuales se describen a continuación (EPA, 2022):

Q90

La ciencia de la hidrología ha desarrollado distintos métodos para la determinación de los flujos mínimos en una corriente, uno de ellos son los referentes a los flujos igualados o excedidos para porcentajes específicos de tiempo dentro de los cuales se incluye el parámetro Q90 recomendado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos de América (USGS). Este parámetro se define como la descarga que ha sido igualada o excedida el 10% de las veces para el periodo de tiempo analizado y describe las condiciones límite del escurrimiento en el río y se usa como un indicador del flujo medio base (Gopal, 2013).

Adicionalmente se pueden calcular los parámetros Q10 asociado a eventos de inundación; Q50 representa la mediana del escurrimiento y describe las condiciones más probables que pueden persistir en la corriente analizada; finalmente el parámetro Q95 se considera como el flujo mínimo extremo de la corriente. El procedimiento consiste en (Escalante y Reyes, 2004):

- a. Ordenar la serie de caudales medios diarios de mayor a menor

Para aplicar este método se requiere contar con al menos 20 años de registros de caudal medio diario en forma continua, independientemente de si se han presentado cambios en el régimen cuyo origen sea antropogénico.

- b. Calcular los percentiles asociados a los parámetros de flujo

Se ordenan los datos de mayor a menor para calcular los percentiles sobre la serie ordenada, los cuales se asocian con los parámetros indicados por el USGS, tal como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Criterios para determinar los parámetros de flujo recomendados por el USGS.		
Fuente: (Escalante y Reyes, 2004).		
Parámetro	Condiciones hidrológicas	Percentiles
Q10	Eventos de inundación	90
Q50	Condiciones más probables que pueden persistir en la corriente analizada	50
Q90	Condiciones límite del escurrimiento en el río	10
Q95	Flujo mínimo extremo de la corriente.	5

7Q10

Por otro lado, existen los métodos para flujos basados en duraciones esperadas y periodos de retorno mediante el cual se hace el análisis de los gastos mínimos. Tales flujos se consideran como los gastos más pequeños que pueden ocurrir en promedio en un específico número de años, y se obtienen a partir de un análisis de frecuencias de eventos extremos mínimos (Escalante y Reyes, 2004).

La nomenclatura para este tipo de eventos es dQT, donde “d” representa el número de días consecutivos empleado para obtener el promedio del gasto mínimo, y “T” representa el periodo de retorno. El gasto promedio mínimo en siete días consecutivos a ocurrir una vez cada diez años 7Q10, es una condición de sequía y es considerada poco frecuente. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USA EPA) emplea este índice como el valor del gasto mínimo que debe tener una corriente para mantener la calidad del agua en condiciones aceptables. Para este propósito se compara el valor del gasto 7Q10, con el 10% del gasto medio anual registrado, adoptando como condición necesaria el valor más grande de los dos. Para la estimación del 7Q10 se emplean las distribuciones de probabilidad para mínimos (EPA, 2022).

El procedimiento consiste en (Escalante y Reyes, 2004):

a. Ordenar la serie de caudales medios diarios en años naturales.

Para aplicar este método se requiere contar con al menos 20 años de registros de caudal medio diario en forma continua, independientemente de si se han presentado cambios en el régimen cuyo origen sea antropogénico.

b. Calcular el caudal medio mensual (CMM) y anual (CMA) para todos los meses del año.

Con base a los registros, calcular el promedio de los caudales medios mensuales para todos los meses del año, es decir, si se cuenta con 20 años de información hidrométrica el valor del CMM para el mes de enero será el resultado de promediar los 20 valores de caudal medio mensual para ese mes y así sucesivamente para los meses restantes con el fin de agruparlos.

c. Determinar el gasto medio más probable de ocurrir

En este paso es necesario:

Identificar el porcentaje de flujos medios diarios por debajo del CMA considerando la totalidad del registro diario homogéneo.

Hacer una primera discretización separando en 13 rangos iguales iniciado desde un caudal igual a 0 [m³/s] hasta terminar con el valor del CMA en [m³/s]. De esta primera discretización se debe identificar el rango que tenga el mayor número de eventos.

Hacer una segunda discretización de este rango, separándolo en 11 nuevos rangos, partiendo desde un caudal igual a 0 [m³/s].

A partir de la segunda discretización, nuevamente se identifica el rango que tenga el mayor número de eventos, el cual corresponderá con el gasto medio con mayor ocurrencia histórica.

d. Determinar los gastos mínimos anuales (m³/s) promedio de 7 días consecutivos para el periodo en estudio.

Consiste en separar el registro homogéneo por años para aplica un promedio móvil de orden 7 (días), para estimar el caudal promedio semanal para cada uno de los años analizados (Cabra y Corradine, 2014).

Por ejemplo, para un año hipotético este paso se calcula como se indica en la Tabla 6:

Tabla 6. Determinación del gasto mínimo anual promedio de 7 días consecutivos para un año hipotético.		
Fuente: (Cabra y Corradine, 2014).		
Día	Caudal Medio Diario Año 1 (Q, m ³ /s)	Promedio móvil 7 días consecutivos (7Q, m ³ /s)
01-ene	Q ₁	
02-ene	Q ₂	
03-ene	Q ₃	
04-ene	Q ₄	
05-ene	Q ₅	
06-ene	Q ₆	
07-ene	Q ₇	
08-ene	Q ₈	$7Q = \frac{(Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_7)}{7}$
⋮	⋮	⋮
31-dic	Q _n	$7Q = \frac{(Q_{n-6} + Q_{n-5} + Q_{n-4} + \dots + Q_n)}{7}$

El valor mínimo de 7Q para el año en análisis será el que se utilizará como valor representativo del gasto mínimo anual de 7 días consecutivos para dicho año.

e. Realizar el análisis de frecuencias de eventos mínimos extremos.

Con los valores del gasto mínimo anual de 7 días consecutivos calculados en el paso anterior, se construye la serie anual de excedencias y se realiza el análisis de frecuencia de eventos mínimos extremos. Se selecciona la función de distribución de probabilidad (FDP) de mejor ajuste, así como, el caudal correspondiente al período de retorno de 10 años, que resulta ser el 7Q10. Se recomienda usar las distribuciones de probabilidad de Pareto Generalizado, Log Normal, Log Pearson Tipo 3, Exponencial, Gumbel, GVE, Weibull, Gumbel Mixta y TCEV (Cabra y Corradine, 2014; Escalante y Reyes, 2004).

2.3.5. Método del perímetro mojado

Este método es uno de los más conocidos y comúnmente utilizados en Estados Unidos (Bragg et al., 1999; Benetti et al., 2003). En el mismo se asume que la integridad del hábitat está directamente relacionada con el área hidráulica y determina el caudal ambiental a partir de la relación existente entre los caudales circulantes y el perímetro mojado. Es un método que busca establecer un índice de disponibilidad de alimento para los peces, asumiendo que al maximizar el perímetro mojado habrá más alimento y hábitat aprovechable para la comunidad acuática (Pantoja Valencia, 2017).

El perímetro mojado es la suma de la anchura del lecho y la longitud transversal de los bancos laterales. La masa de agua, que circula por el cauce está limitada por el fondo o lecho, por los dos bancos laterales y por la superficie libre en contacto con la atmósfera, por tanto, el principio fundamental de este método se sustenta en que, para determinar el caudal ecológico se hace uso de la relación directamente proporcional entre el perímetro mojado y el caudal (USDA, 2007).

El comportamiento típico de dicha relación consiste en que a medida que aumenta el caudal se incrementa el perímetro desde un nivel base, hasta alcanzar un punto de inflexión, después del cual, el incremento del perímetro mojado crece muy lentamente hasta llegar a una sección llena acuática (Yépez Martínez, 2016; Jamett Domínguez y Rodrigues Finotti, 2005).

Existen distintas aproximaciones para aplicar este método, una de las más simples consiste en el empleo de la ecuación de Manning (Chow, 1994):

$$V = \frac{(Rh)^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Si se considera que:

$$Rh = A/P \text{ y } V = Q/A$$

Entonces:

$$Q = \frac{A \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Donde Q es el caudal, V la velocidad, A es el área hidráulica, P el perímetro mojado, S la pendiente de fricción y n el coeficiente de fricción de Manning.

La aplicación de esta consiste en ubicar un tramo del río que se considere el más crítico, es decir, el más sensible a variaciones del caudal y con ello, obtener una o varias secciones transversales a lo largo de dicho tramo y determinar el valor de S . Para el caso de la pendiente media es aceptable obtenerla con el método más conveniente (geométrico, Taylor-Schwarz, etc.) y en un tramo de río de por lo menos 1,000 metros de longitud, ubicando la sección transversal aproximadamente a la mitad del tramo (Stalnaker y Arnette, 1976).

El coeficiente de rugosidad de Manning, indica la resistencia al flujo del cauce en análisis, no existe un método exacto para estimarlo, por ello, se recurre a estudios de campo o valores propuestos en

la literatura; dado el enfoque académico de este trabajo, se utilizará la última opción. Por tal motivo, es viable utilizar la Tabla 7, en donde se presenta una lista de valores de n ; para cada tipo de canal se muestran los valores mínimo, normal y máximo de n . En referencia a las corrientes naturales se presentan las siguientes recomendaciones (Chow, 1994):

Tabla 7. Valores del coeficiente de rugosidad n para corrientes naturales. Fuente: (Chow, 1994).			
Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
A. Corrientes naturales			
A.1. Corrientes menores (ancho superficial en nivel creciente < 30 metros)			
a. Corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual al anterior, niveles bajos, pendientes y secciones más ineficientes	0.040	0.048	0.055
6. Igual al 4, pero con más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchas malezas, pozos profundos o canales de crecientes con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150
b. Corrientes montañosas, sin vegetación en el canal, bancas usualmente empinadas, árboles y matorrales sumergidos en nivel altos			
1. Fondo: gravas, cantos rodados y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con rocas grandes	0.040	0.050	0.070
A.2. Planicies de inundación			
a. Pastizales, sin matorrales			
1. Pasto corto	0.025	0.030	0.035
2. Pasto alto	0.030	0.035	0.050
b. Áreas cultivadas			
1. Sin cultivo	0.020	0.030	0.040
2. Cultivos en línea maduros	0.025	0.035	0.045
3. Campos de cultivo maduros	0.030	0.040	0.050
c. Matorrales			
1. Matorrales dispersos, mucha maleza	0.035	0.050	0.070
2. Pocos matorrales y árboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
3. Pocos matorrales y árboles, en verano	0.040	0.060	0.080
4. Matorrales medios a densos, en invierno	0.045	0.070	0.110
5. Matorrales medios a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
d. Árboles			
1. Sauces densos, rectos y en verano	0.110	0.150	0.200
2. Terreno limpio, con troncos sin retoños	0.030	0.040	0.050
3. Igual que el anterior, pero con una gran cantidad de retoños	0.050	0.060	0.080
4. Gran cantidad de árboles	0.080	0.100	0.120
5. Igual al anterior, pero con nivel de creciente por encima de las ramas	0.100	0.120	0.160
A.3. Corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 30 metros).			
a. Sección regular, sin cantos rodados ni matorrales	0.025	0.060
b. Sección irregular y rugosa	0.035	0.100

En seguida se inicia un proceso iterativo que consiste en proponer una serie de tirantes a partir del punto más profundo de la sección transversal (*thalweg*) y así obtener el área, el perímetro mojado y el caudal asociados a dichos tirantes. Con los resultados obtenidos, se construye una curva que relaciona el caudal con el perímetro mojado; en dicha gráfica puede observarse que hasta un cierto volumen de agua el perímetro crece rápidamente a medida que aumenta la descarga, pero sobrepasado este volumen, el perímetro se mantiene casi constante. El flujo recomendado es aquel cerca de este punto de inflexión pues se presume que es nivel óptimo para el desove de peces o para producción de invertebrados bentónicos (Reiser et al., 1989; Stalnaker et al., 1994; King et al., 1999)

Para agilizar el proceso es recomendable utilizar un Sistema de Información Geográfica (SIG; p.ej., QGIS). Así mismo, el cálculo del perímetro mojado y el caudal se puede simplificar usando algún software de cálculo hidráulico que funcione bajo los principios descritos, por ejemplo, *HydroCalc2000* sugerido en el Procedimiento Estándar de Operación para la aplicación del Método del Perímetro Mojado del Departamento de Pesca y Vida Silvestre (CDWR) de California (CDFW, 2020; Molls, 2008).

2.4. Generalidades del ciclo hidrológico

El volumen estimado de agua en la Tierra se aproxima a los 1,340 millones de km³, de los cuales, 97.5% corresponde a agua salada y el 2.5% restante es agua dulce. El agua dulce del planeta está distribuida de manera muy desigual, hoy en día la mayor parte de ella existe en forma de hielo, nieve, aguas subterráneas y humedad del suelo, con solo 0,3 % en forma líquida en la superficie. Del agua dulce superficial líquida, el 87% se encuentra en lagos, el 11% en pantanos y sólo el 2% en ríos (USGS Water Science School, 2019).

La masa de agua en la Tierra permanece bastante constante a lo largo del tiempo, pero la partición del agua en los principales reservorios de hielo, agua dulce, agua salada y agua atmosférica es variable dependiendo de una amplia gama de variables climáticas. El agua (Figura 4) se mueve permanentemente de un depósito a otro, como del río al océano, o del océano a la atmósfera, por una serie de procesos conocidos como el ciclo hidrológico (AcademiaLab, 2023).

El ciclo hidrológico se considera el concepto fundamental de la hidrología. De manera conceptual, se refiere a un modelo o idealización de la distribución y circulación general del agua en la Tierra. Está constituido por un conjunto de procesos biogeoquímicos que funcionan debido a los intercambios de energía provocados por la radiación solar, por ejemplo, cuando la temperatura del agua en los mares y océanos aumenta hasta su evaporación. El espacio donde se desarrolla el ciclo hidrológico es conocido como hidrosfera y comprende un área que se extiende desde unos quince kilómetros dentro de la atmósfera (en la troposfera), hasta más o menos un kilómetro de profundidad en la litosfera o corteza terrestre (Gutiérrez Caiza, 2014).

El ciclo hidrológico es un proceso continuo y con variables complejas de analizar, sin embargo, es posible describirlo en su forma más básica, mediante las siguientes etapas (Aparicio Mijares, 1992):

- **Evaporación:** El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre o muy cerca de ella se evapora bajo el efecto de la radiación solar y es transportada por el viento. El vapor de agua, que así se forma, se eleva y se transporta por la atmósfera en forma de nubes.
- **Condensación:** El agua contenida en forma de nubes, se condensa y cae hacia la tierra en forma de precipitación.
- **Precipitación:** El vapor de agua condensado, por acción de la gravedad, se deposita hacia la tierra o al océano. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse o ser interceptada por las plantas o las construcciones.
- **Infiltración y evapotranspiración:** El agua que llega a la superficie terrestre se infiltra en el suelo. Una parte de esta agua es absorbida por las plantas y posteriormente transpirada, casi en su totalidad, hacia la atmósfera.

Otra parte fluye bajo la superficie de la tierra hacia las corrientes, el mar u otros cuerpos de agua, o bien hacia zonas profundas del suelo para ser almacenada como agua subterránea y después aflorar en manantiales, ríos o el mar.

- **Escorrentamiento:** En el caso de que la intensidad de la precipitación exceda la tasa de evaporación e infiltración, el agua precipitada inicia un movimiento sobre la superficie terrestre en forma de corrientes (ríos, arroyos, canales, etc.), las cuales, al final de su trayecto llegan hasta los océanos u otros grandes cuerpos de agua, como los lagos.

Aunque no comprenden el objeto de estudio de este texto, es útil destacar que el hielo y la nieve juegan un papel importante en el ciclo del agua. El hielo sólido y la nieve pueden convertirse directamente en gas (sublimación) y también ocurre lo contrario, cuando el vapor de agua se solidifica (NOAA, 2019).

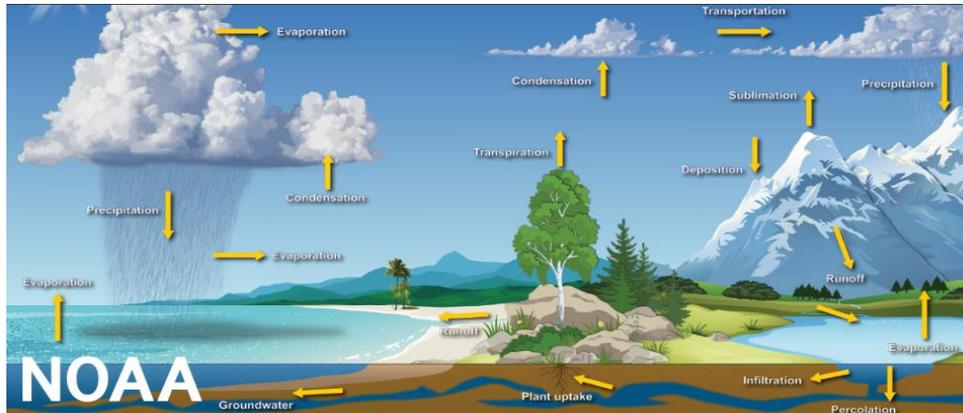


Figura 4. El ciclo hidrológico.
Fuente: (NOAA, 2019).

La importancia ecológica del ciclo hidrológico radica en distintos puntos (Vera y Camilloni, 2012):

- Es uno de los principales reguladores del clima en la Tierra debido a los constantes intercambios de energía que se llevan a cabo en cada fase del ciclo y que producen variaciones en la temperatura ambiente. Cuando el agua se evapora, toma energía de su entorno y enfría el ambiente, en contraparte, al condensarse, libera energía y calienta el ambiente.
- La fase de evaporación purifica el agua que luego se precipita en la tierra en forma de agua dulce. Lo anterior, hace posible que exista agua fresca disponible para todas las especies en el planeta.
- El flujo de agua líquida y hielo transporta minerales por todo el mundo contribuyendo en los ciclos de los nutrientes. El escurrimiento es responsable de casi todo el transporte de sedimentos erosionados y fósforo de la tierra a los cuerpos de agua.
- Es notable el papel del ciclo del agua en la remodelación de las características geológicas de la Tierra, a través de procesos que incluyen la erosión y la sedimentación.

En resumen, el ciclo del agua es fundamental para la subsistencia de la vida y los ecosistemas del planeta. Sin embargo, aunque la especie humana no forma parte del ciclo, es un agente externo que ha intervenido en él y lo ha modificado adaptándolo a sus necesidades. La construcción de grandes presas, la sobreexplotación de los acuíferos, entre otras actividades ejemplifican este hecho (de Miguel et al., 2009).

El consenso científico expresado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) en 2023 menciona que, debido al cambio climático, se prevé un aumento en la intensidad de las fases del ciclo hidrológico a lo largo del siglo XXI. Es por ello que, gran parte del esfuerzo en la gestión de los recursos hídricos está dirigido a optimizar el uso del agua y minimizar el impacto ambiental en el entorno natural creando instrumentos tales como la evaluación del caudal ecológico en ríos (IPCC, 2023).

2.5. Elementos de una cuenca hidrográfica

Así como el ciclo hidrológico es el concepto fundamental de la hidrología, la cuenca hidrológica es su unidad básica de estudio. Una cuenca es una zona de la superficie terrestre en donde (si fuera impermeable) las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida (Figura 5). Desde el punto de vista de su salida, existen dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas. En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago; en las segundas, el punto de salida se encuentra en los límites de la cuenca y está en otra corriente o en el mar (Aparicio Mijares, 1992).



*Figura 5. Representación esquemática de una cuenca hidrográfica.
Fuente: (Melillo, 2022).*

El ciclo hidrológico, visto a nivel de una cuenca, se puede esquematizar como un estímulo, constituido por la precipitación, al que la cuenca responde mediante el escurrimiento en su salida. Entre el estímulo y la respuesta ocurren varios fenómenos que condicionan la relación entre uno y otra, y que están controlados por las características geomorfológicas de la cuenca y su urbanización. A continuación, se describen las características de la cuenca y los cauces de mayor importancia por sus efectos en la relación precipitación-escurrimiento (Aparicio Mijares, 1992):

- **Parteaguas:** es una línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la cuenca de las cuencas vecinas.
- **Área de la cuenca:** se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.
- **Longitud del cauce principal:** es la longitud de la corriente que pasa por la salida de la cuenca. Esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas. Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y sólo una corriente principal.

Las corrientes se clasifican de varias maneras, pero las más interesantes en la ingeniería hidrológica son las siguientes (Aparicio Mijares, 1992):

- **Corriente perenne:** el punto más bajo del cauce se encuentra siempre abajo del nivel de aguas freáticas. Estas corrientes transportan agua durante todo el año y siempre están alimentadas, totalmente o en parte, por el agua subterránea, es decir, son efluentes.
- **Corriente intermitente:** transporta agua durante la época de lluvias de cada año, cuando el nivel freático asciende hasta quedar por encima del fondo del cauce. En época de secas el nivel freático queda por abajo de dicho punto y la corriente no transporta agua, salvo cuando se presenta alguna tormenta.
- **Corrientes efímeras o influentes:** el nivel freático está siempre abajo del fondo del cauce y transportan agua inmediatamente después de una tormenta, y, en este caso, alimentan a los almacenamientos de agua subterránea.

La gestión integrada de cuencas hidrográficas (IWM, por sus siglas en inglés) es el proceso de creación e implementación de planes, programas y proyectos para sostener y mejorar las funciones de las cuencas hidrográficas que afectan a las comunidades de plantas, animales y humanos dentro de los límites de la cuenca hidrográfica. Teniendo en cuenta las cuestiones sociales, económicas y ambientales, así como los intereses de la comunidad local y cuestiones como los impactos del crecimiento y el cambio climático (California Water Boards, 2017).

2.6. Alteración del régimen fluvial

La alteración del régimen de caudal constituye una amenaza continua a la sustentabilidad ecológica de los ríos, zonas de inundación y humedales asociados. Está documentado ampliamente que el régimen de caudal es determinante en la afectación a cuatro aspectos principales de la biodiversidad acuática de las corrientes (González y Banderas, 2015):

- Las condiciones del hábitat físico en los ríos y, en consecuencia, su composición biótica.
- Las estrategias de vida de las especies (fenología de supervivencia y reproducción)
- Los patrones naturales de conectividad longitudinal y lateral de las riberas.
- La introducción e invasión de especies exóticas en los ríos.

2.6.1. Consecuencias sobre las condiciones del hábitat

La ecología del río está definida por la interacción entre la fisiografía y el escurrimiento en el área de la cuenca. Ambos influyen a escala espacial y temporal en el régimen de caudales, la geología local y la topografía, mismos que a su vez determinan el hábitat acuático dando forma y tamaño al canal, estabilizando el sustrato y distribuyendo las pozas y rápidos. Las variaciones en los caudales pueden modificar la distribución y abundancia particular de plantas y animales en el suelo del río; algunos de los efectos principales que tiene la variación sobre el hábitat se muestran en la Tabla 8 (González y Banderas, 2015).

Tabla 8. Efectos de la alteración del caudal sobre las condiciones del hábitat de los principales grupos de especies presentes en ecosistemas loticos <i>Fuente: (González y Banderas, 2015).</i>		
Plantas acuáticas	Invertebrados acuáticos	Peces
<p>Variación espacial y temporal en la composición y estructura de las asociaciones de hidrófilas acuáticas.</p> <p>La comunidad vegetal ribereña presenta una distribución en parches.</p>	<p>Los ríos con sustratos inestables tienden a presentar una baja diversidad de especies, y la biota presenta generalmente historias de vida características de ambientes frecuentemente perturbados (organismos colonizadores).</p> <p>Los caudales con patrones erráticos que se caracterizan por la presencia de comunidades con pocas especies de macroinvertebrados son vulnerables al cambio rápido de caudal diurno y a los caudales regulados río abajo de las hidroeléctricas.</p> <p>La disminución repentina en el caudal puede causar sequía catastrófica y eliminar hasta un 14% de la biomasa bentónica.</p>	<p>Donde las variaciones hidrológicas son altas, las especies muestran estrategias de alimentación generalista y preferencia por aguas de baja velocidad, arena y sustrato generalizado.</p> <p>En corrientes con caudales base más estables y caudales diarios más predecibles, la comunidad de peces está constituida por especies intolerantes a los sedimentos.</p> <p>Los tributarios que presentan caudal bajo por largo tiempo son dominados por pequeñas especies fisiológicamente tolerantes y generalistas.</p> <p>El caudal regulado por presas afecta a la diversidad y organización funcional de las comunidades ícticas al modifi-</p>

Tabla 8. Efectos de la alteración del caudal sobre las condiciones del hábitat de los principales grupos de especies presentes en ecosistemas loticos (Continuación).
Fuente: (González y Banderas, 2015).

Plantas acuáticas	Invertebrados acuáticos	Peces
	<p>Caudales muy altos pueden afectar a las ninfas de insectos y otros invertebrados que no toleran corrientes fuertes y desaparecen de tales tramos.</p> <p>La regulación del caudal presenta el riesgo de favorecer la proliferación de taxa específicos que se convierten en plaga y amenaza para la salud de los pobladores del entorno.</p>	<p>car el régimen de temperatura, de tal manera que alteran la adecuación de las especies nativas en sus tasas de reproducción, crecimiento y sobrevivencia.</p>

2.6.2. Consecuencias sobre las estrategias de vida de las especies

Desde su nacimiento, la vida de cada organismo gira en torno a la supervivencia y la generación de nuevos individuos para perpetuar la especie. Todos los seres vivos necesitan energía y nutrientes para crecer, mantener sus cuerpos y reproducirse. En la naturaleza, estos recursos son limitados y a menudo hay competencia por el acceso a ellos (como la luz solar y los minerales para las plantas o las fuentes de alimento para los animales). Así que cada organismo tendrá recursos limitados que dividir entre varias actividades como crecer, mantener su cuerpo y reproducirse. Por lo anterior, cada especie adopta una estrategia (relacionada con su organización interna, su estilo de vida y el medio donde se desarrolla), para producir una descendencia con capacidad de sobrevivir y reproducirse (Rye et al., 2016).

Las estrategias de vida, se pueden definir como el conjunto de características que influyen directamente en los comportamientos de supervivencia y reproducción de cualquier tipo de organismo, y con la cuales se determinará su capacidad de adaptación al ambiente (Ramírez, 2015).

A lo largo de periodos prolongados de tiempo, el proceso evolutivo, es el responsable de originar especies con distintas estrategias de vida, (número de descendientes, momento en que se lleva a cabo la reproducción, cantidad de cuidado parental, etcétera), bien adaptadas al medio ambiente donde se desarrollan. La estrategia de vida óptima es diferente para cada especie y depende de sus características, su entorno y otras restricciones (Khan Academy, 2016).

Al ser analizado de este modo, es evidente que cualquier alteración al hábitat natural de las especies produce un impacto directo en las estrategias de vida puesto que al presentarse en forma súbita (comparado con el tiempo que tardan las especies en establecer sus patrones de supervivencia y reproducción). Las especies se ven limitadas en recursos alimenticios, ocasionando competencia por sitios de forrajeo y reproducción, lo cual, puede derivar en migraciones y desplazamientos, así como en la reducción de la estructura poblacional de las especies (Moreno, 2002).

En forma particular (Tabla 9), para los ríos se han identificado los principales impactos ligados con el régimen del caudal sobre las estrategias de vida, los cuales se detallan a continuación (González y Banderas, 2015):

Tabla 9. Efectos de la alteración del caudal sobre las estrategias de vida de los principales grupos de especies presentes en ecosistemas lóticos
Fuente: (González y Banderas, 2015).

Plantas acuáticas	Invertebrados acuáticos	Peces
<p>El régimen de caudales en los humedales afecta la agrupación y crecimiento de la vegetación acuática.</p> <p>Las fluctuaciones del nivel de agua y su intensidad (velocidad y estrés de rompimiento en la velocidad de la corriente) y la frecuencia de los torrentes e inundaciones (perturbación) afectan la sobrevivencia de las semillas y la tasa de crecimiento de las plantas.</p> <p>El cambio de régimen afecta acentuadamente al establecimiento y supervivencia de muchas especies no tolerantes, con poca capacidad para regenerarse en condiciones modificadas.</p>	<p>Muchas especies de microorganismos, son guiadas por el caudal alto, emergiendo del estado de reposo al de ovoposición en respuesta a la señal de incremento en el nivel del agua o a las inundaciones.</p> <p>En los ríos regulados por presas, la modificación del régimen de caudales va acompañada por grandes modificaciones en el régimen térmico, modificando las estrategias de vida de los invertebrados.</p>	<p>Las historias de vida de los peces en los regímenes de caudales naturales se encuentran ligadas a eventos críticos. Las características de la reproducción están sincronizadas con la duración del día y la temperatura del agua, por lo que un régimen de caudal artificial o impuesto no entra en armonía natural con los ciclos estacionales y puede tener un impacto negativo en la biota acuática.</p> <p>El periodo entre picos del caudal natural con la lluvia puede servir también como guía o gatillo para desovar en ciertas especies de peces.</p> <p>La liberación río abajo de agua del hipolimnion de los embalses, que se caracteriza por ser fría y deficiente en oxígeno, puede influir en el comportamiento de desove de los peces.</p>

2.6.3. Consecuencias sobre la conectividad longitudinal y lateral de las riberas

La conectividad ecológica es la calidad del medio natural que permite el movimiento y la dispersión de los organismos que viven allí. Se da en sectores relativamente amplios del territorio con unas características morfológicas y una estructura que favorecen el movimiento de un amplio abanico de especies. Generalmente, aparte de ejercer de conectores, estos espacios se convierten en hábitats de algunas de estas especies. Los conectores fluviales son un tipo específico de conector ecológico constituido en torno a un espacio fluvial, que, además de la lámina de agua y la zona de ribera, suele incluir las áreas inundables y las zonas húmedas adyacentes, como los meandros y los cursos intermitentes o abandonados (Agencia Catalana del Agua, 2009).

Se reconocen dos categorías para describir la conectividad fluvial en los ríos: la conectividad longitudinal, es aquella que se da desde el nacimiento hasta la desembocadura, y la conectividad transversal, que une los dos márgenes del río a través de las comunidades de ribera, y que se puede ver afectada por la falta o la fragmentación del bosque de ribera, y también por la presencia de barreras (Williams et al., 2019).

Los ríos que fluyen libremente contribuyen a la biodiversidad, ayudan a mantener las llanuras de inundación naturales, ayudan a mantener las poblaciones de peces y contribuyen enormemente a las industrias de recreación y turismo. Donde sea posible, se debe permitir que los ríos fluyan libremente. Sin embargo, el número de ríos que fluyen libremente en todo el mundo está disminuyendo drásticamente. De los ríos más largos del mundo, solo un tercio sigue fluyendo sin obstáculos desde su nacimiento hasta su desembocadura. Estos ríos de flujo libre remanentes solo se pueden encontrar en áreas que están relativamente poco pobladas por humanos, por ejemplo, en las cuencas del Ártico, el Amazonas y el Congo (Bouzas Blanco, 2021).

El flujo libre de los ríos se puede interrumpir de muchas maneras, incluidas las presas y los embalses, la construcción de edificios y puentes, la agricultura y la interrupción de los acuíferos naturales y las planicies aluviales. El resultado de restringir el flujo libre de los ríos es un daño extenso al medio ambiente, a la biodiversidad de los ríos y a la agricultura en las planicies de inundación. Estructuras transversales, como las presas, representan una discontinuidad en el río con efectos negativos en los ecosistemas y muy especialmente en los desplazamientos migratorios de la ictiofauna, necesarios para la freza y el mantenimiento de las poblaciones (Confederación Hidrográfica del Ebro, 2019).

En forma particular, la conectividad longitudinal es afectada por la construcción de presas y la extracción de agua cuyos impactos recaen sobre (González y Banderas, 2015):

- La migración de las especies macroinvertebrados migratorios, como langostinos y cangrejos, los cuales, son importantes en los trópicos y subtropicos ya que influyen directamente sobre procesos del ecosistema tales como la producción primaria, el procesamiento de materia orgánica, la composición de la comunidad flocobentónica y la de los invertebrados y la sedimentación.
- Los peces diadromos, que migran grandes distancias entre el mar y el canal principal de los ríos y sus tributarios, son sensibles a las barreras longitudinales que obstruyen sus rutas migratorias y pueden interferir particularmente con sus ciclos de vida.

En cuanto a la conectividad lateral (González y Banderas, 2015):

- La extensión y duración de la inundación durante las lluvias pueden determinar la duración del acceso a los sitios para la crianza y la alimentación de los peces. También pueden quedar atrapados en una zona aislada de la llanura de inundación al retraerse el agua del sistema ribereño.
- Por otro lado, en la estación seca, la mortalidad de los peces atrapados en sus refugios puede ser muy alta debido al deterioro de las condiciones fisicoquímicas, a la reducción en la disponibilidad de alimento y a la falta de refugio contra los predadores.
- La regulación de un caudal represado frecuentemente reduce la conectividad hidrológica y altera las trayectorias de sucesión de la biota en la llanura de aluvión, al reducir la frecuencia, extensión y duración de la inundación.
- Los caudales bajos también reducen la diversificación de hábitats en la zona anegada y, al dejar de ser formadores del canal, modifican los patrones de la migración.
- Los caudales bajos reducen la conectividad entre los canales del río y los flujos dentro de la zona de inundación, lo que favorece la alineación de los bancos y la retención del agua atrapada entre los mismos por periodos de más de 12 meses, lo que conduce a la muerte de los especímenes atrapados.

2.6.4. Consecuencias sobre la invasión de especies exóticas e introducidas.

Una especie exótica, conocida también como especie introducida, o alóctona, es aquella especie foránea que ha sido introducida en una zona fuera de su distribución natural. Esta introducción se suele producir siempre por causas humanas, ya sea de forma voluntaria o involuntaria. El concepto contrario es el de especie autóctona o nativa (CONABIO, 2023).

Es necesario no confundir el concepto anterior con el de especie invasora. Una especie es invasora cuando, siendo exótica o autóctona, se reproduce y se dispersa sin control provocando un aumento de su población que supone un problema ambiental, pues pone en peligro al resto de especies presentes en aquella zona determinada. Aunque la gran mayoría de especies invasoras son exóticas, también hay algunos casos en que puede ser autóctona (Arenas Camps, 2015).

Las especies invasoras representan un problema a nivel mundial, especialmente en islas y archipiélagos, sus principales impactos son (CONABIO, 2023):

- Alteran y degradan el hábitat.
- Causan la pérdida de biodiversidad.
- Pueden suponer un problema para la salud.
- Pueden suponer un impacto negativo en la economía, por el efecto negativo sobre los recursos naturales o sobre el turismo.

En forma particular, las especies invasoras en las vías fluviales y a lo largo de las tierras ribereñas son una amenaza creciente para la salud de los ríos, estuarios y humedales. La tierra ribereña es propensa a la invasión debido a la alta productividad y las frecuentes perturbaciones. La propagación de especies invasoras a través de vías fluviales y tierras ribereñas es asistida por una alta conectividad como resultado del agua que fluye río abajo, o lateralmente a la llanura de inundación y los humedales asociados. Es común que ocurra un movimiento significativo de especies invasoras durante los eventos de inundación (González y Banderas, 2015).

Los principales impactos ambientales de especies invasoras en ríos pueden incluir la depredación de, o la competencia con, las especies nativas, la pérdida de hábitat y los cambios en la calidad del agua o los sedimentos, los niveles de nutrientes y la transmisión de enfermedades (State Government of Victoria, 2022).

Adicionalmente, se indican las siguientes consideraciones con respecto a las especies introducidas en ríos (González y Banderas, 2015):

- Las especies introducidas se ven favorecidas por los cambios en el ambiente debido al impacto ecológico asociado a la modificación del régimen de caudales, incluyendo la pérdida de los ciclos generados por la alternancia de las temporadas de lluvias y estiaje en las llanuras de inundación.
- A través de la generación de embalses permanentes y la creación de regímenes de caudales más constantes al derivar y represar los ríos, se favorece a muchas especies propias de los lagos respecto a las de los ríos.
- La transferencia de agua entre embalses presenta serios problemas en el balance y calidad del agua y perturbaciones significativas en los procesos ecológicos, lo que puede alterar la distribución natural de la biota acuática y acelerar la propagación de plagas y enfermedades.

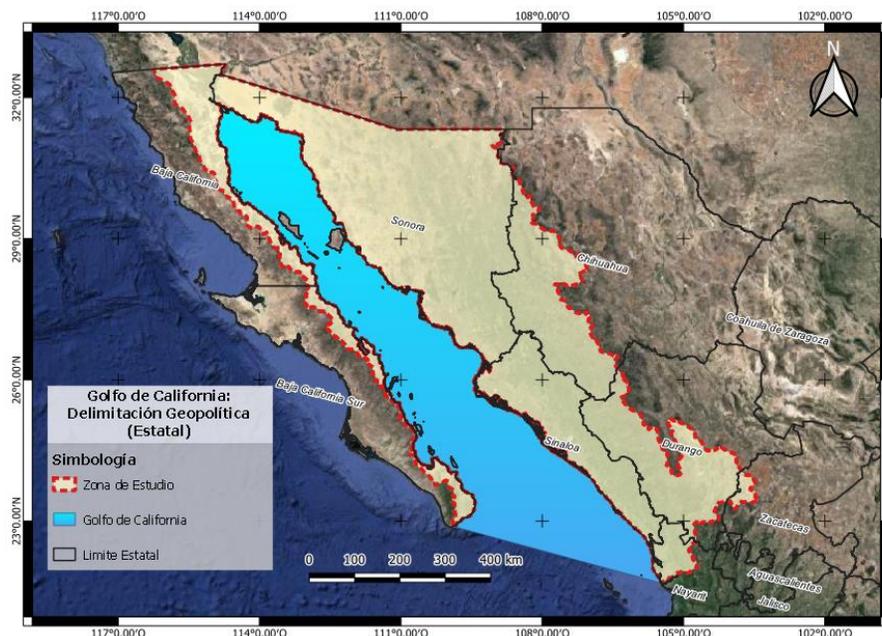
3. Zona de estudio

Se consideraron tres principales criterios para delimitar la zona de estudio: en primer lugar, un criterio geopolítico; se procedió con uno hidrológico y finalmente se eligió uno socioambiental. Mediante el desglose de estos criterios, se torna posible situar y ofrecer un panorama más centrado de la problemática en análisis.

3.1. **Delimitación Geopolítica**

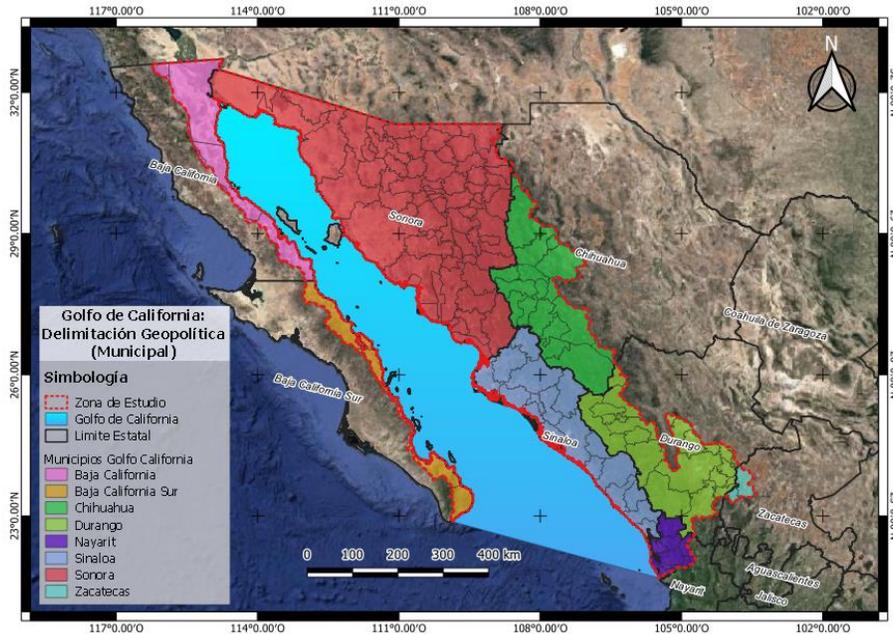
El Océano Pacífico cubre la costa occidental de México formando el litoral de mayor longitud del país con 7,828 km (70.4% del total). El Golfo de California, también conocido como Mar de Cortés, forma parte de este litoral y se distingue por ser uno de los accidentes geográficos más importantes. Se ubica (Mapa 1) al noroeste de México y sus coordenadas extremas están en los puntos: 31°45'00.0"N; 21°44'00"N; 105°30'00"W; 114°50'00"W. En forma descriptiva, sus límites están: al norte con el Delta del Río Colorado; al poniente con la Península de Baja California y al oriente con los Estados de Sonora, Sinaloa y Nayarit. Su entrada puede ser ubicada al sur entre la localidad de Punta Arena y Playa Los Corchos (Sans, 2018).

Entre sus principales características están: una superficie marina que llega a los 222,760 km²; un ancho promedio de 100 km; una línea de litoral igual a 2,500 km y un perfil batimétrico accidentado con depresiones de hasta 3,000 m. De esta forma la zona de estudio sobre la superficie continental, corresponde a las cuencas que desembocan al Golfo de California (Hernández, 2022).



Mapa 1. Delimitación geográfica estatal del Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

La zona de estudio (Mapa 1) comprende una superficie de 394,985 km², a nivel estatal, puede ser dividida en dos grupos, en primer lugar, el conjunto de estados con desembocadura directa hacia el Golfo: Baja California, Baja California Sur, Sonora, Sinaloa y Nayarit. El otro grupo lo integran los estados con desembocadura indirecta: Chihuahua, Durango y una mínima extensión de Zacatecas. Tal como se indica en el Mapa 2, la zona comprende 155 municipios, todos los municipios de Sinaloa (18) y Sonora (72) están contenidos y representan el 61% de la superficie en análisis, también, se incluyen algunos municipios de Baja California (4), Baja California Sur (5), Chihuahua (23), Durango (23), Nayarit (7) y Zacatecas (3) (Barradas, 2021).



Mapa 2. Delimitación geográfica municipal del Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

3.2. Delimitación hidrológica

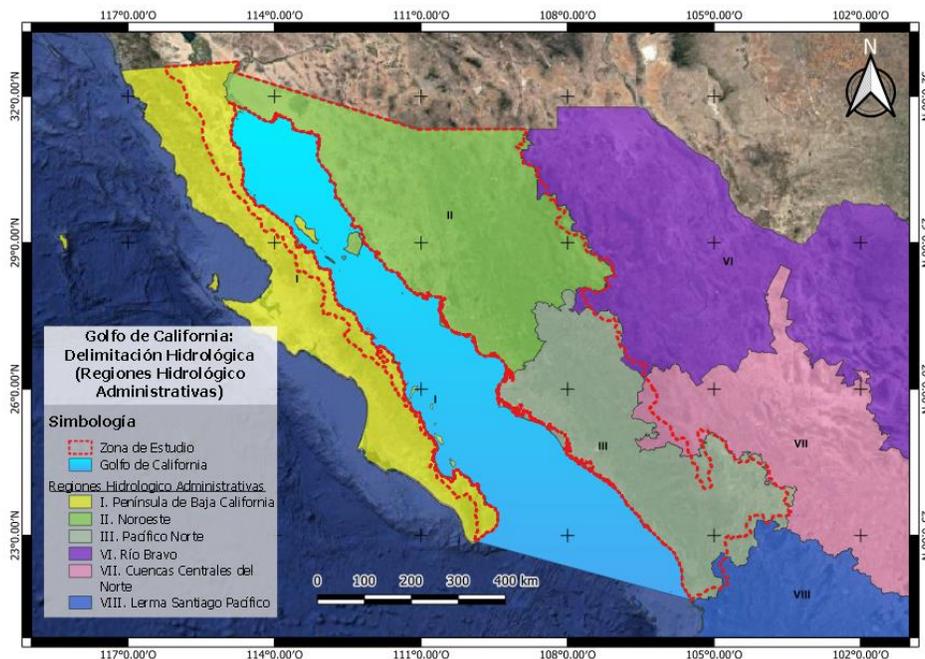
En un contexto hidrológico, podemos identificar distintas particularidades dentro de la zona, que van desde la ubicación de las regiones hidrológicas hasta la de los principales ríos y estaciones hidrométricas disponibles en la zona. Para ello, es importante reconocer que, el principal escurrimiento superficial hacia el Golfo de California inicia desde las zonas montañosas del noreste de Sonora, así como del suroeste de Chihuahua y Durango, y se dirige hacia las planicies costeras en Sonora y Sinaloa. La mayor cantidad de agua procede de las captaciones en la zona montañosa, escurriendo fundamentalmente hacia el tercio medio y sur de la región (Barradas, 2021).

Así mismo, la estructura montañosa de la región conduce a modelar un curso accidentado de los ríos, los que al descender de la Sierra Madre Occidental después de recorrer amplias zonas altas, se vierten rápidamente hacia las costas, que por lo general son reducidas. De ahí que buena parte del curso de estas corrientes sean aprovechadas en la agricultura, que puede desarrollarse en altos valles y zonas planas cercanas al litoral. Las corrientes que no se aprovechan en este rubro se ocupan para generación de energía eléctrica mediante la construcción de cortinas en sitios montañosos (Arias Patrón, 2005).

3.2.1. Cuencas y ríos

Con base en lo descrito, para iniciar una delimitación hidrológica más precisa, se vuelve necesario identificar de las Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA) ubicadas dentro del área de estudio. Para efectos de administración del agua, la CONAGUA estableció una división de 13 regiones hidrológico-administrativas en el país, las cuales están formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos, sus límites respetan la delimitación municipal, para facilitar la administración e integración de la información socioeconómica (CONAGUA, 2018).

Como se muestra, en el Mapa 3, la mayor proporción de la superficie ocupada por la zona de estudio corresponde a las RHA II Noreste y III Pacífico Norte; la superficie restante la ocupan la región I Península de Baja California; adicionalmente una mínima proporción de las regiones VI Río Bravo y VII Cuencas Centrales del Norte están incluidas (Barradas, 2021).



Mapa 3. Regiones Hidrológico Administrativas del Golfo de California.

Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

En la Tabla 10 se listan las características hidrológicas de las Regiones Hidrológico Administrativas (RHA) más representativas de la zona de estudio.

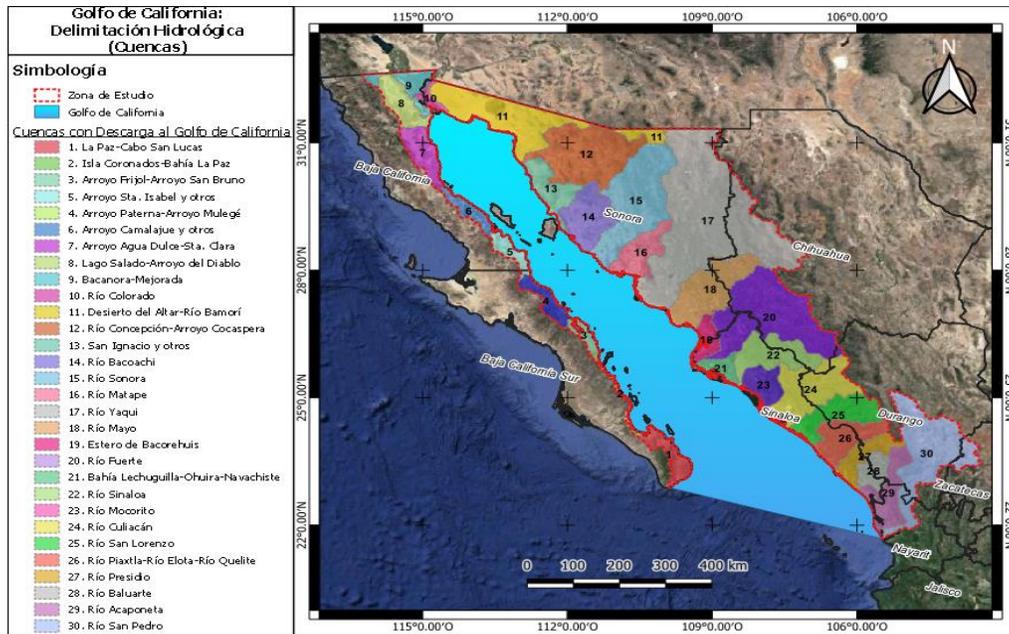
Tabla 10. Características hidrológicas principales de las RHA del Golfo de California.
Fuente: (CONAGUA, 2023).

	I. Península de Baja California	II. Noreste	III. Pacífico Norte
Superficie total [km ²]	154,279	196,326	152,007
Superficie en la zona de estudio [km ²]	41,959 (28%)	196,326 (100%)	152,007 (100%)
Precipitación anual [mm]	168	428	765
Agua renovable [m ³ /hab/año]	1,135	2,951	5,730
Grado de presión [%]	90% (Alto)	83% (Alto)	41% (Medio)
Consumo de agua [hm ³ /año]	4,462	6,871	10,712
Aporte de agua superficial [%]	49.5	60.9	86.3
Aporte de agua subterránea [%]	50.5	39.1	13.7
Uso agrícola [%]	81	89	93
Uso industrial [%]	7	2	1
Uso abastecimiento público [%]	12	9	6

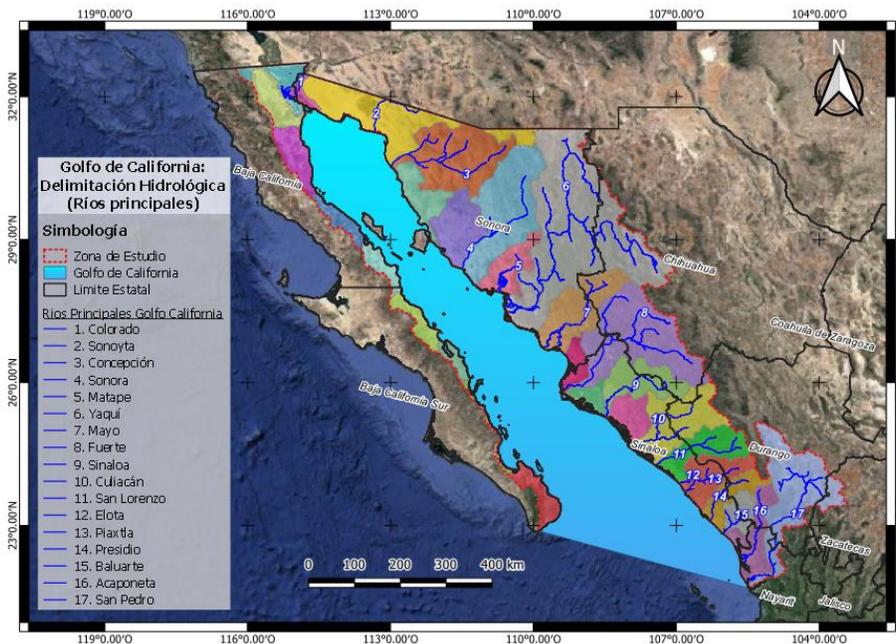
Por otro lado, también es posible distinguir 30 cuencas hidrográficas dentro de la zona de estudio, las cuales, a diferencia de las RHA, se delimitan con base en la geomorfología del terreno y se definen por la existencia de una división de las aguas debida a la conformación del relieve (CONAGUA, 2018).

Como se mencionó en el Capítulo 2, todas las cuencas hidrográficas tienen una corriente principal que escurre desde las partes altas hasta el punto de salida de la cuenca. En el presente proyecto, la hidrografía del sitio de estudio también es importante de considerar, puesto que hay diversos ríos que desembocan en el Golfo de California y permiten, por las condiciones de la llanura costera, su intenso aprovechamiento. La CONAGUA propone una clasificación compuesta por los 51 ríos principales del país, dentro de la cual, la vertiente del Golfo de California cuenta con 16 de estas corrientes (CONAGUA, 2023).

Tanto las cuencas hidrográficas como los ríos principales identificados dentro de la zona de estudio se presentan tanto en el Mapa 4 como en el Mapa 5. De igual manera se presenta la Tabla 11 que integra información relevante de las principales cuencas y ríos identificados en la zona de estudio (Barradas, 2021).



Mapa 4. Cuencas hidrográficas que desembocan al Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).



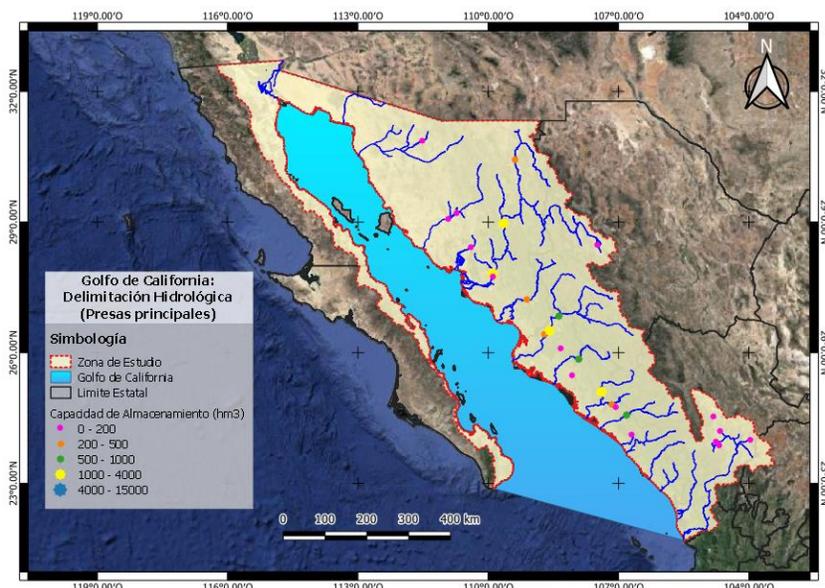
Mapa 5. Ríos principales que descargan al Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

Tabla 11. Características de las principales cuencas y ríos de la vertiente del Golfo de California.
Fuente: (CONAGUA, 2023; Barradas, 2021).

Cuenca	Corriente principal	Área de la cuenca (km ²)	Escurrimiento natural medio superficial (hm ³ /año)	Longitud del río (km)	Orden de corriente
10. Río Colorado	1. Río Colorado	6,243.84	1,927.0	160	6
11. Desierto del Altar-Río Bamorí	2. Río Sonoyta	22,566.95	29.5	311	5
12. Río Concepción-Arroyo Cocaspera	3. Río Concepción	25,098.36	129.9	335	6
15. Río Sonora	4. Río Sonora	27,367.90	335.2	421	5
16. Río Matapé	5. Río Matapé	8,932.60	79.9	205	4
17. Río Yaqui	6. Río Yaqui	71,145.68	3,151.6	410	6
18. Río Mayo	7. Río Mayo	17,726.17	1,203.9	386	5
20. Río Fuerte	8. Río Fuerte	34,093.08	4,992.8	540	6
22. Río Sinaloa	9. Río Sinaloa	12,415.97	2,008.1	400	5
24. Río Culiacán	10. Río Culiacán	18,722.28	3,072.4	875	5
25. Río San Lorenzo	11. Río San Lorenzo	11,647.37	1,620.1	315	5
26. Río Piaxtla-Río Elota-Río Quelite	12. Río Elota	10,815.96	467.1	540	4
26. Río Piaxtla-Río Elota-Río Quelite	13. Río Piaxtla	10,815.96	1,418.8	220	5
27. Río Presidio	14. Río Presidio	7,017.92	1,071.3	220	4
28. Río Baluarte	15. Río Baluarte	4,932.44	1,858.0	142	5
29. Río Acaponeta	16. Río Acaponeta	11,025.37	1,435.3	233	5
30. Río San Pedro	17. Río San Pedro	28,160.72	3,255.3	255	6

3.2.2. Presas y embalses

La región cuenta con 26 de las 181 “presas principales” catalogadas por la CONAGUA; cuentan con una capacidad de almacenamiento individual que va desde los 30 hasta los 3,200 millones metros cúbicos. La mayor parte de estas presas fueron creadas para abastecer el riego agrícola, así como para la generación de energía eléctrica. Como se distingue en el Mapa 6, casi todas se encuentran ubicadas en los estados de Sinaloa y Sonora concentrándose en mayor proporción en las cuencas de los ríos Yaqui, Fuerte y Culiacán (CONAGUA, 2023).



Mapa 6. Presas de la vertiente del Golfo de California en función de su capacidad de almacenamiento al NAMO (hm³).
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

A continuación, se presenta la Tabla 12 con algunas de las principales características de las presas y embalses ubicados en la zona de estudio.

Tabla 12. Características de las principales presas y embalses de la vertiente del Golfo de California.						
Fuente: (CONAGUA, 2023).						
Nombre oficial (Nombre común)	Corriente	Altura (m)	Capacidad al NAMO (hm ³)	Volumen almacenado (hm ³)	Usos	Año de terminación
Huites (Huites)	Río Fuerte	165.0	3,203.0	1160.7	I, G, P, R	1995
Miguel Hidalgo (El Mahone)	Río Fuerte	81.0	3,154.0	1222.9	I, G, C	1956
Adolfo López Mateos (El Humaya)	Río Humaya	106.0	3,087.0	805.1	I, G, P, R	1964
Álvaro Obregón (El Oviachic)	Río Yaqui	90.0	3,023.0	1384.1	I, G, A	1952
Plutarco Elías Calles (El Novillo)	Río Yaqui	134.0	2,833.0	904.6	I, G	1964
José López Portillo (El Comedero)	Río San Lorenzo	136.0	2,580.0	1266.7	I, G, A	1981
Gustavo Díaz Ordaz (Bacurato)	Río Sinaloa	116.0	1,619.0	684.3	I, G, O	1981
Adolfo Ruíz Cortines (Mocuzari)	Río Mayo	88.0	1,018.0	288.0	I, G, A	1955
Lazaro Cárdenas (Angostura)	Río Bavispe	92.0	703.0	406.3	I, A	1942
Sanalona (Sanalona)	Río Tamazula	81.0	688.0	522.1	I, G, A, O	1948
Josefa Ortiz de Domínguez (El Sabino)	Río Álamos	44.0	519.0	453.8	I, P, R	1967
Aurelio Benassini (El Salto)	Río Elota	73.0	404.0	349.4	I	1988
Guillermo Blake Aguilar (El Sabinal)	Arroyo Ocoroni	81.0	295.0	158.6	I	1985
Abelardo Rodríguez Luján (Hermosillo)	Río Sonora	36.0	220.0	0.7	A	1948
Santiago Bayacora (Santiago Bayacora)	Río Santiago Bayacora	62.0	130.0	129.2	I	1988
Eustaquio Buelna (Guamúchil)	Río Mocorito	29.0	80.0	21.8	I, A	1972
Abraham González (Guadalupe)	Río Papigochic	42.0	79.0	69.9	I, O	1961
Guadalupe Victoria (El Tunal)	Río Tunal	73.0	78.0	80.3	I, A, P, R	1962

Tabla 12. Características de las principales presas y embalses de la vertiente del Golfo de California (Continuación)
Fuente: (CONAGUA, 2023).

Nombre oficial (Nombre común)	Corriente	Altura (m)	Capacidad al NAMO (hm ³)	Volumen almacenado (hm ³)	Usos	Año de terminación
Francisco Villa (El Bosque)	Río Poanas	44.0	73.0	73.3	I, O	1968
Juan Guerrero Alcocer (Vinoramas)	Arroyo El Bledal	50.0	55.0	18.0	I, R, C	1994
Caboraca (Canoas)	Río La Saucedá	37.0	45.0	44.3	I, Ab, P	1992
Cuahtémoc (Santa Teresa)	Río Altar	57.0	41.0	5.7	I	1950
Agua Caliente (Dique 10)	Río Yaqui	0.0	38.0	36.9	I	1952
Peña del Águila (Peña del Águila)	Río La Saucedá	25.0	28.0	27.8	I	1954
Rodolfo Félix Valdés (El Molinito)	Río Sonora	31.0	28.0	21.2	I	1991
Ignacio R. Alatorre (Punta de Agua)	Río San Marcial	30.0	16.0	8.4	I, C	1972

Usos: **I** (Irrigación); **G** (Generación Eléctrica); **A** (Abastecimiento Público); **C** (Control de Avenidas); **Ab** (Abrevadero); **P** (Piscicultura y Acuicultura); **R** (Recreativo); **O** (Otros Usos)

3.2.3. Estaciones hidrométricas

Las estaciones hidrométricas (E.H.) son instrumentos colocados en la margen de un río, arroyo, laguna o embalse que permiten estimar la cantidad de agua que cruza una sección transversal originada por las lluvias y los escurrimientos. Personal capacitado se encarga de registrar los niveles del agua en horas preestablecidas, durante una tormenta o el desfogue de una presa. Al 31 de diciembre de 2015, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) operaba 861 estaciones hidrométricas en todo el país (Hernández, 2022).

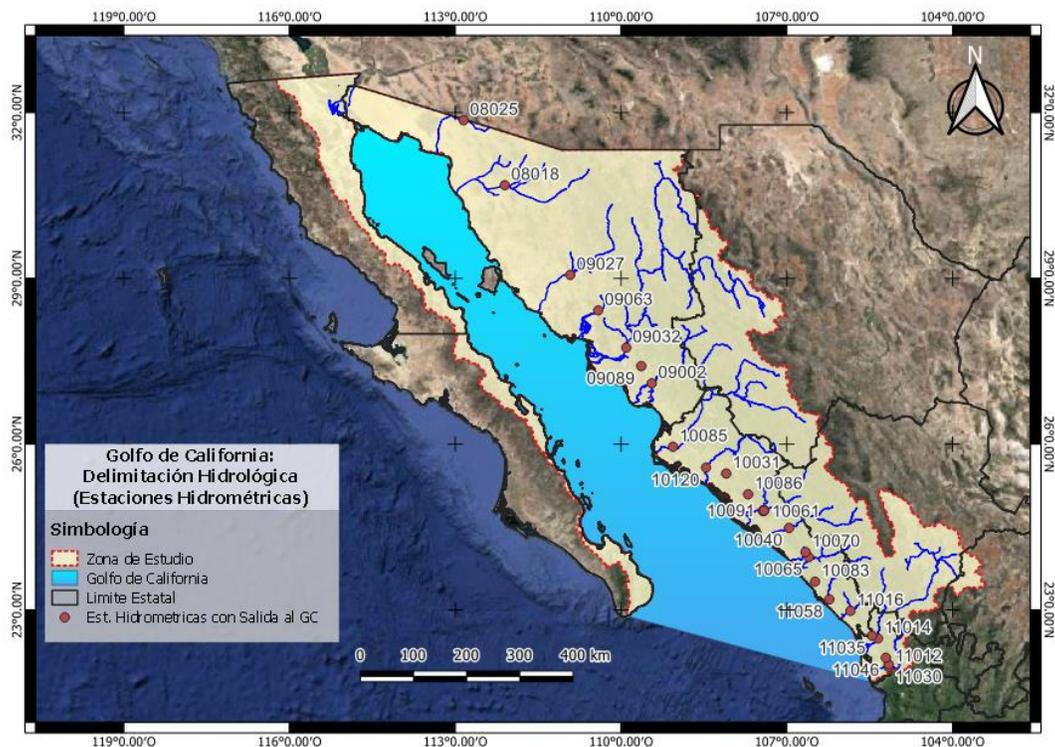
Para la delimitación de la información hidrométrica, se identificaron las estaciones disponibles dentro de la zona de estudio, las cuales suman un total de 156. Sin embargo, debido a la magnitud de la extensión territorial en estudio, se optó por evaluar el caudal ecológico únicamente en los escurrimientos que cuenten con las estaciones hidrométricas más cercanas a la línea de costa, debido a esta consideración, el conjunto de estaciones se redujo a un total de 27 cuya descripción se indica en la Tabla 13 y se encuentran representadas en el Mapa 7 (CONAGUA, 2023).

Tabla 13. Estaciones hidrométricas en análisis dentro de la zona de estudio.
Fuente: (CONAGUA, 2023).

Clave	Nombre	Corriente	Cuenca	RH	RHA	Estado
08018	Pitiquito II	Río De La Asunción	Río De La Concepción	Sonora Norte	Noroeste	Sonora
08025	Sonoita II	Río Sonoita	Río Sonoita	Sonora Norte	Noroeste	Sonora
09002	Navojoa	Río Mayo	Río Mayo	Sonora Sur	Noroeste	Sonora
09027	Hermosillo	Río Sonora	Río Sonora	Sonora Sur	Noroeste	Sonora
09032	Chiculi	Río Yaqui	Río Yaqui	Sonora Sur	Noroeste	Sonora
09063	Punta De Agua	Arroyo Matapé	Arroyo Matapé	Sonora Sur	Noroeste	Sonora
09089	Cocoraque	Arroyo Cocoraque	Arroyo Cocoraque	Sonora Sur	Noroeste	Sonora

**Tabla 13. Estaciones hidrométricas en análisis dentro de la zona de estudio
(Continuación).
Fuente: (CONAGUA, 2023).**

Clave	Nombre	Corriente	Cuenca	RH	RHA	Estado
10018	Puente Sudpacífico	Río Culiacán	Río Culiacán	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10022	Bocatoma	Canal Canedo	Río Culiacán	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10023	Puente Nuevo	Canal Rosales Margen Derecha	Río Culiacán	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10031	Guamúchil	Río Mocerito	Río Mocerito	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10040	Santa Cruz	Río San Lorenzo	Río San Lorenzo	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10061	Puente Dren	Canal Principal Margen Izquierda	Río Culiacán	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10065	Ixpalino	Río Piaxtla	Río Piaxtla	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10070	Acatitan	Río Elota	Río Elota	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10083	El Quelite	Río Quelite	Río Quelite	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10085	San Miguel Z	Río Fuerte	Río Fuerte	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10086	Pericos	Arroyo Pericos	Laguna Caimanero	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10091	Km. 0+700	Canal Principal Margen Izquierda	Río Culiacán	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
10120	Guasave Puente Carretera	Río Sinaloa	Río Sinaloa	Sinaloa	Pacífico Norte	Sinaloa
11012	San Pedro	Río San Pedro	Río San Pedro	Presidio-San Pedro	Pacífico Norte	Nayarit
11014	Acaponeta	Río Acaponeta	Río Acaponeta	Presidio-San Pedro	Pacífico Norte	Nayarit
11016	Baluartes II	Río Baluarte	Río Baluarte	Presidio-San Pedro	Pacífico Norte	Sinaloa
11030	El Bejuco	Río Bejuco	Río Bejuco	Presidio-San Pedro	Pacífico Norte	Nayarit
11035	La Ballona	Río Cañas	Río Cañas	Presidio-San Pedro	Pacífico Norte	Nayarit
11046	Rosa Morada	Río Rosa Morada	Río Rosa Morada	Presidio-San Pedro	Pacífico Norte	Nayarit
11058	Siqueros	Río Presidio	Río Presidio	Presidio-San Pedro	Pacífico Norte	Sinaloa



Mapa 7. Estaciones hidrométricas seleccionadas para evaluar el caudal ecológico en la vertiente del Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

3.3. Delimitación socioambiental

Al tratarse de un territorio que comparte muchas características, es necesario identificar los principales rasgos geográficos, físicos, históricos, sociales y económicos de la región del Golfo de California de manera que, esta información sea de utilidad para resaltar su importancia dentro del territorio mexicano. En forma genérica, podemos decir que la zona de estudio está compuesta por una extensión territorial con topografía diversa y surcada, cuya vegetación prominente son los matorrales y el tipo de clima más típico es el seco. Así mismo, la región tiene gran relevancia medioambiental, social y económica a nivel nacional debido a sus áreas naturales protegidas, grupos indígenas y actividades como la agricultura, minería, pesca, acuicultura y turismo, respectivamente (Barradas, 2021).

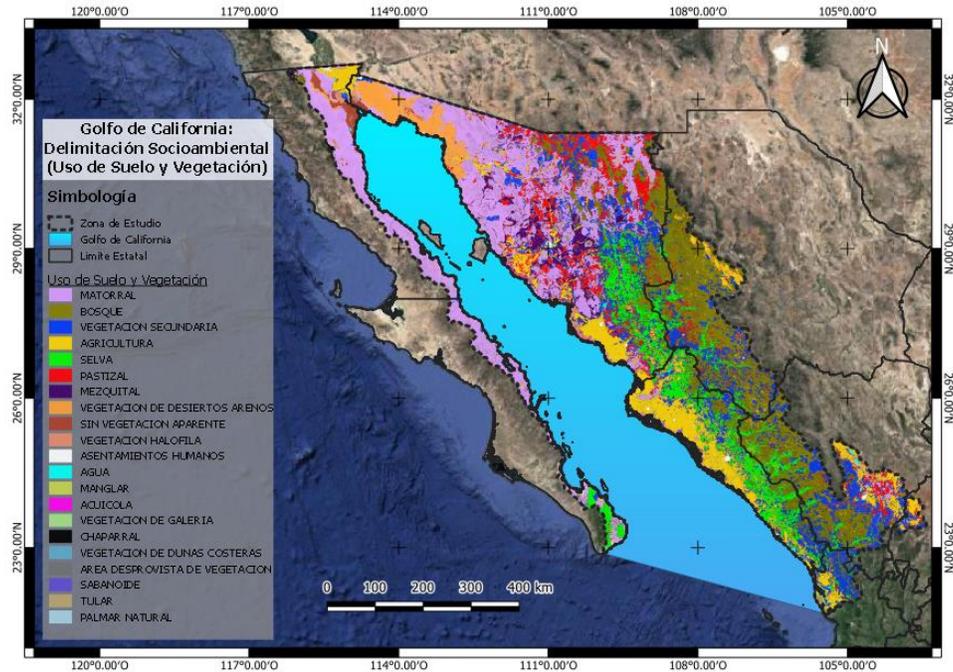
Acorde con lo anterior, en los siguientes párrafos se presenta con mayor detalle el panorama sobre las condiciones sociales, ambientales y económicas de la zona de estudio tales como uso de suelo, climatología, topografía, demografía, etc.

3.3.1. Uso de suelo y cobertura vegetal

El rubro uso de suelo y cobertura vegetal, se refiere a los propósitos y actividades a través de los cuales las personas interactúan con los ecosistemas terrestres. Implica la gestión del entorno natural o silvestre, así como, la modificación de estos hacia un entorno construido, tal como asentamientos y hábitats seminaturales (campos cultivables y pastizales). Para su delimitación, se utilizó la información del Conjunto de Datos Vectoriales de Uso de Suelo y Vegetación (Serie VII) preparada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) donde se muestra la distribución del uso del suelo agrícola y la vegetación natural e inducida del país, además de indicar el uso pecuario y forestal y otros usos que se presentan en el territorio relacionados con la cubierta vegetal (INEGI, 2018).

Haciendo uso de la información, se identificó que los principales tipos de uso de suelo y vegetación en el sitio (Tabla 14) son los matorrales, los bosques y la vegetación secundaria, ya que representan una cobertura aproximada de 60% de la zona de estudio. En el Mapa 8, es posible distinguir la distribución de estos tipos de uso de suelo dentro de la zona de estudio, puesto que, en el territorio ocupado por la Península de Baja California y el estado de Sonora predomina el matorral, mientras que, en el territorio de los estados de Sinaloa, Chihuahua y Durango se encuentra la zona donde los bosques y la vegetación secundaria son mayoría (INEGI, 2018).

Tabla 14. Uso de suelo y vegetación en la vertiente del Golfo de California. Fuente: (INEGI, 2018).		
Tipo	Área ocupada (km ²)	Descripción
Matorral	95,886.61	Comunidades vegetales dominadas por arbustos de altura inferior a 4 m. Son propias de climas secos con lluvias escasas y zonas frágiles que favorecen la desertificación. La composición de especies cambia con la región. En algunos predominan plantas suculentas y con hojas gruesas, en otros las plantas tienen hojas muy pequeñas o tienen espinas.
Bosque	86,964.74	Son comunidades dominadas por árboles altos mayormente pinos y encinos acompañados por otras varias especies que habitan en zonas montañosas con clima templado a frío.
Vegetación secundaria	50,854.91	Son varias especies que se han adaptado para cubrir áreas alteradas por causas naturales o humanas y pueden favorecer la recuperación de la vegetación original. Por su forma y altura, se consideran tres fases: herbácea, arbustiva y arbórea.
Agricultura	47,121.92	Es el terreno empleado para el uso sistemático y controlado de otras formas de vida para producir alimentos para los humanos.
Selva seca	37,103.03	Comunidades vegetales dominadas por árboles pequeños que pierden sus hojas durante la época seca del año. Son propias de climas cálidos con lluvias escasas. Tienen una diversidad única con gran cantidad de especies endémicas. Se ubican en zonas muy frágiles y en condiciones climáticas que favorecen la desertificación.
Pastizal	33,653.11	Son comunidades vegetales donde predominan los pastos con pocos árboles y arbustos. Pueden ser naturales o inducidos producto del desmonte de terrenos boscosos. La mayoría de los pastizales se utilizan para la cría de ganado bovino y equino.

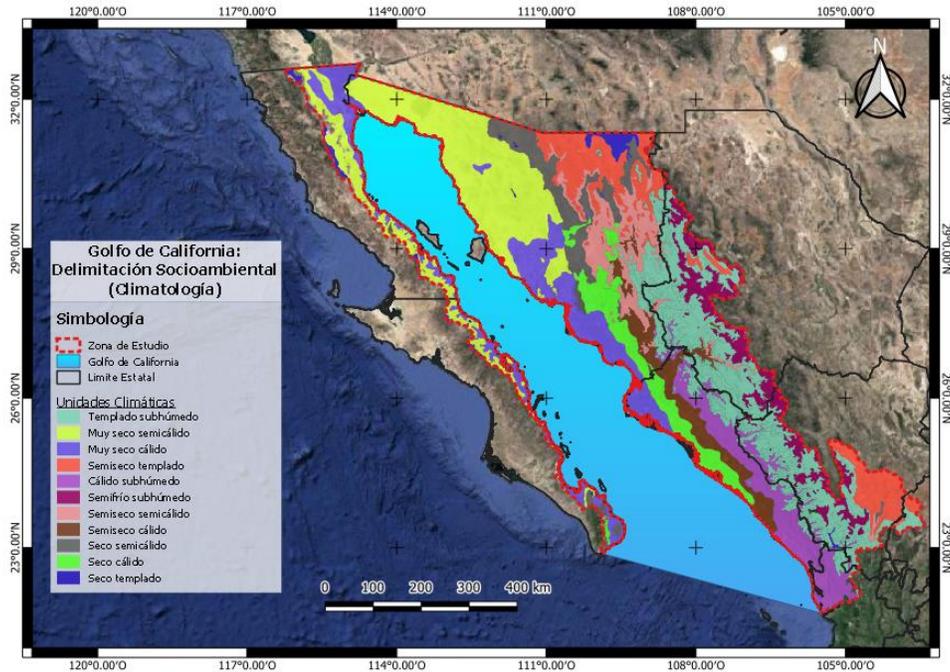


*Mapa 8. Uso de suelo y vegetación en la vertiente del Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).*

3.3.2. Climatología

Geográficamente, el Mar de Cortés se ubica en una región de clima subtropical, lo cual ocasiona grandes variaciones climáticas anuales e incluso diarias. Durante el invierno la temperatura desciende considerablemente en la parte norte, produciéndose heladas e incluso nevadas. En el verano, en la parte sur, se presentan tormentas tropicales; en la parte norte, las lluvias son muy escasas y suelen ocurrir entre octubre y mayo. Los vientos dominantes de noviembre a mayo son del noreste y en los demás meses son del sureste (Sans, 2018).

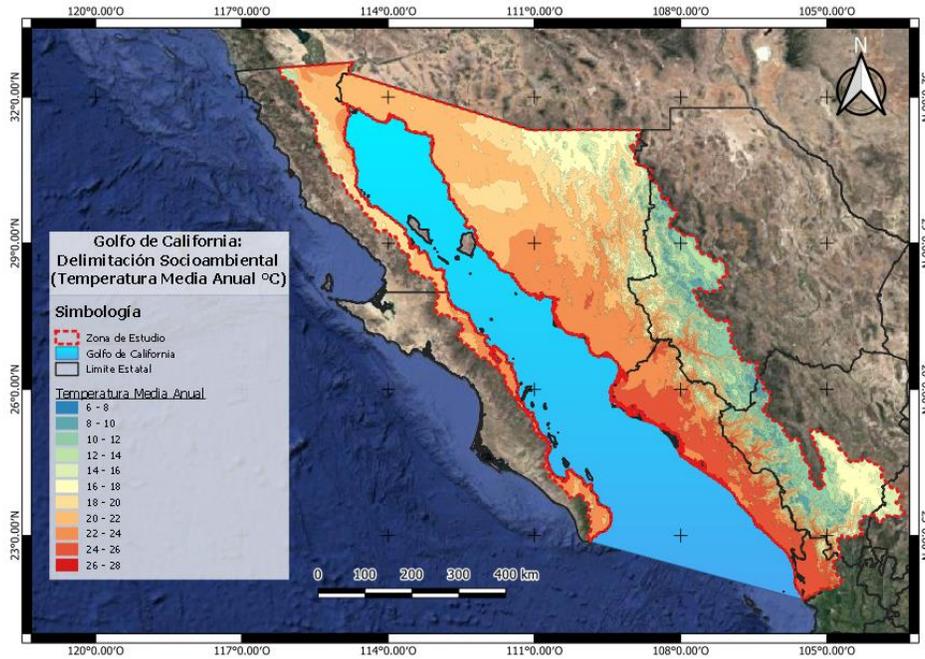
El clima presenta un comportamiento heterogéneo dentro de cada entidad federativa de la región. Como se aprecia en el Mapa 9, en forma general, Baja California, Baja California Sur y Sonora presentan climas de tipo muy seco cálido y semicálido. En Nayarit y Sinaloa tienen climas del tipo cálido subhúmedo, semiseco cálido y seco cálido. Así mismo, en Chihuahua y Durango se presenta en su mayoría un clima templado subhúmedo ya que se encuentran las zonas serranas de la Sierra Madre Occidental (Arias Patrón, 2005).



*Mapa 9. Unidades climatológicas en la vertiente del Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).*

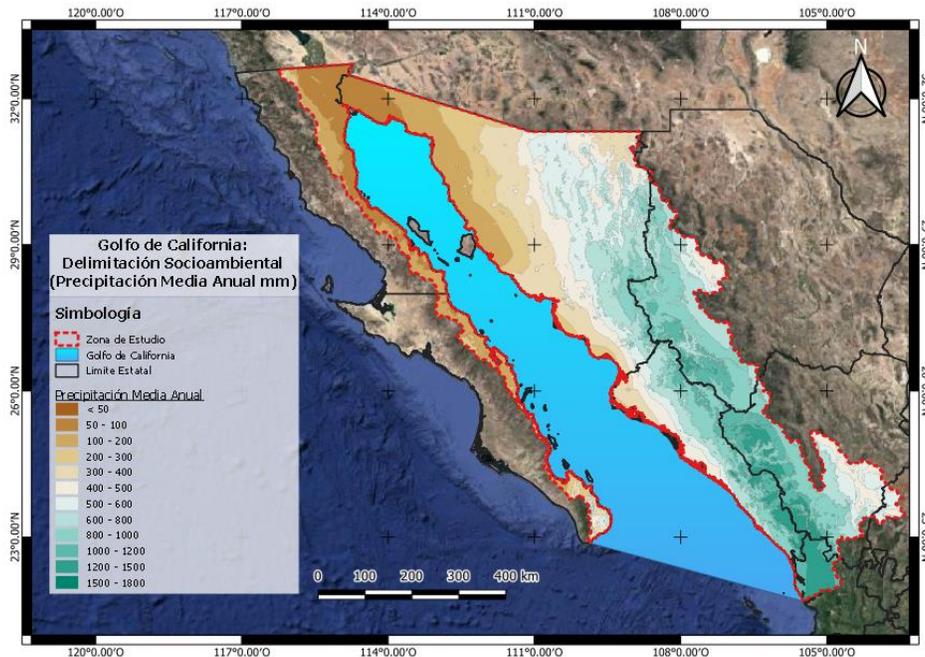
La temperatura media anual se presenta en el Mapa 10, en donde se observa que la península de Baja California y Sonora se encuentra en un rango desde los 18° C hasta los 24° C; en Sinaloa y Nayarit se presentan temperaturas entre 24°C a 28°C; por último, en las zonas de Chihuahua y Durango oscila desde los 14°C a los 18°C. Con respecto a temperaturas máximas promedio, en la península de Baja California, Sinaloa y Nayarit asciende hasta los 35°C, mientras que, Sonora presenta su temperatura máxima promedio de 38°C. En las partes de Durango y Chihuahua dentro de la zona de estudio, se presentan temperaturas máximas de 25°C. En cuanto a las temperaturas mínimas promedio, se observan con mayor intensidad en Chihuahua y Durango cuya temperatura más baja se presenta entre 2°C y 4°C. Los estados menos fríos son Sinaloa y Nayarit cuya temperatura mínima se presenta en enero con valores de 10°C a 12°C (Barradas, 2021).

En cuanto a la temperatura promedio en la superficie marina del Golfo, esta es de 24°C, las temperaturas de sus aguas disminuyen desde la boca del golfo, hacia la Isla Tiburón, pero a más de 300 metros de profundidad la temperatura es uniforme y desciende regularmente hasta alcanzar valores de 2°C (Sans, 2018).



Mapa 10. Temperatura media anual en la vertiente del Golfo de California.
 Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

En cuanto a la precipitación media anual (Mapa 11), las zonas con escasez de lluvia son la Península de Baja California cuya precipitación media va de los 50 a los 200 mm, así como, el estado de Sonora con precipitaciones pluviales que oscilan entre los 200 y 600 mm. En las zonas de Chihuahua, Durango y Sinaloa, incluidas dentro de la zona de estudio se tienen las mayores precipitaciones, las cuales, varían de 800 a 1,200 mm de lluvia al año (CONAGUA, 2023).



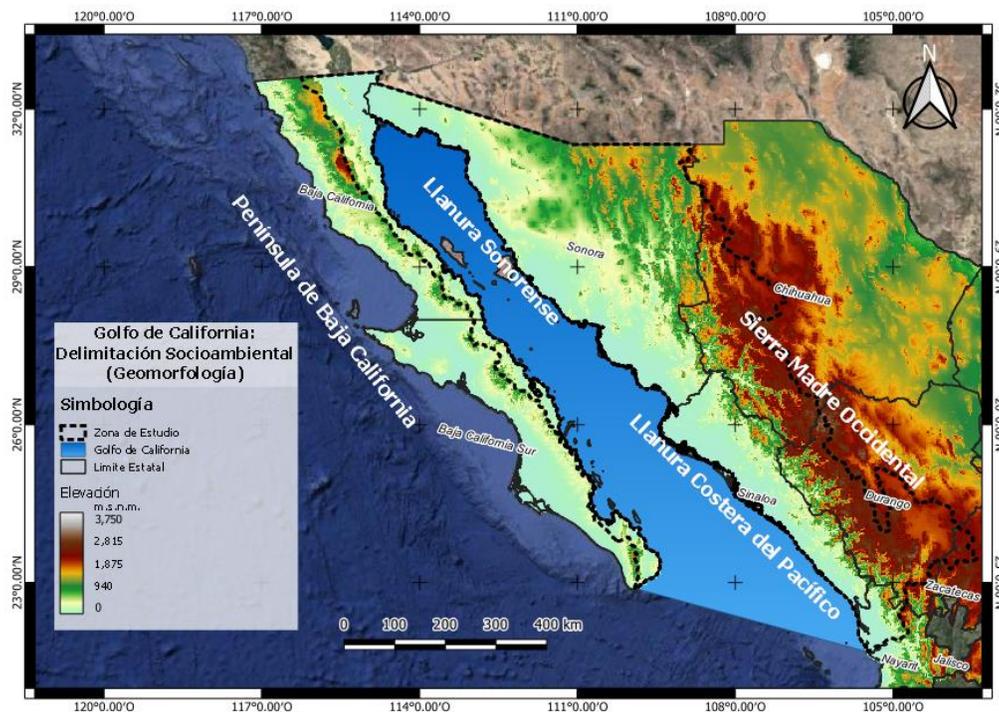
Mapa 11. Precipitación media anual en la vertiente del Golfo de California.
 Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

3.3.3. Geomorfología

La geomorfología, es el estudio de las formas del relieve en la superficie terrestre (montañas, mesetas o altiplanos, llanuras y cuencas sedimentarias, volcanes, etc.); en la zona de estudio este aspecto está determinado por las principales unidades geomorfológicas ubicadas en el sitio: la Península de Baja California, la Llanura Sonorense, la Sierra Madre Occidental y la Llanura Costera del Pacífico tal como se observa en el Mapa 12. El territorio de los estados de Baja California, Baja California Sur, Sonora y Sinaloa que está contenido dentro de la zona de estudio se encuentra dominado por grandes extensiones territoriales con pocas ondulaciones, teniendo elevaciones que oscilan entre los 0 y los 500 m.s.n.m. Cabe mencionar que el estado de Sonora cuenta con un sistema montañoso que forma parte de la Sierra Madre Occidental cuya elevación máxima es el Pico Guacamayas con 2,620 m.s.n.m (Hernández, 2022).

Sin embargo, las zonas más altas dentro de la zona de estudio son las que ocupan los estados de Chihuahua y Durango en los cuales predominan las grandes cordilleras que forman la Sierra Madre Occidental (Sierras, Valles y Cañadas del Norte; Gran Meseta y Cañones de Chihuahua y Durango; Sierra Duranguense y Tarahumara). La elevación media de esta área ronda de los 1,500 a 1,900 m.s.n.m., sin embargo, los picos más altos llegan hasta los 3,500 m.s.n.m (Arias Patrón, 2005).

En general, el terreno del área de estudio continental es principalmente plano en la península de Baja California y en la costa del Golfo de California. Conforme se avanza al este, el terreno comienza a adquirir elevaciones mayores, que llegan a la Sierra Madre Occidental y generan una red hidrográfica de grandes dimensiones. Las pendientes de las cuencas en la zona de estudio presentan una distribución constante, es decir, se observa con claridad grupos de zonas con pendientes planas, medias y altas y su tendencia de crecimiento. En la península de Baja California se presentan pendientes medias, en su mayoría entre 19 % y 28 % (Barradas, 2021).



Mapa 12. Modelo digital del terreno de la vertiente del Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

3.3.4. Demografía

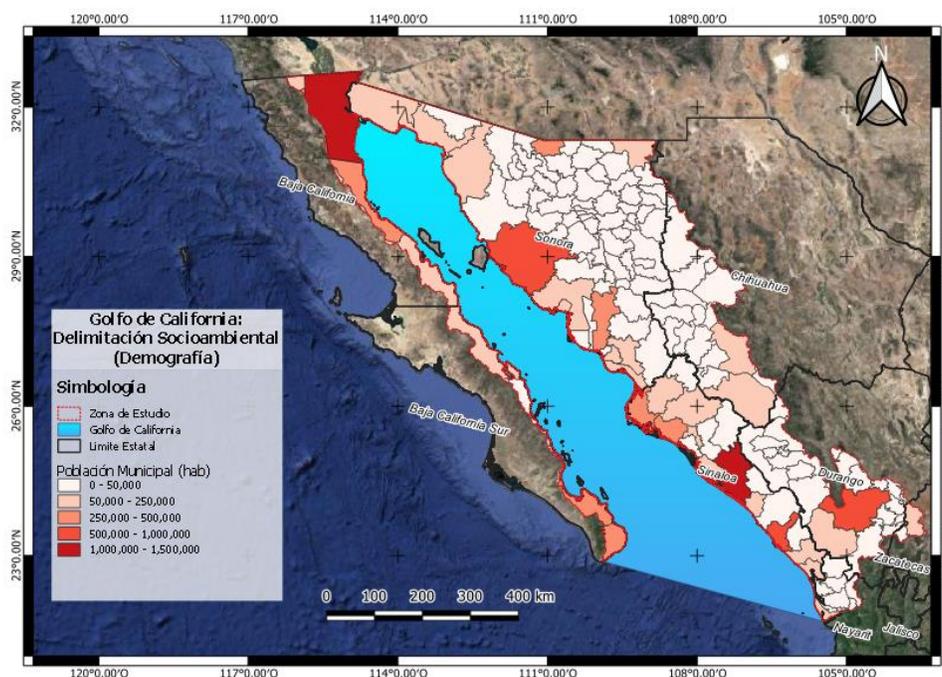
La delimitación de las poblaciones contenidas dentro de la zona de estudio se realizó mediante el uso de la información publicada por el INEGI en el Censo de Población y Vivienda 2020, obteniendo los resultados expuestos en la Tabla 15 (INEGI, 2021):

Tabla 15. Características demográficas principales en la vertiente del Golfo de California.
Fuente: (INEGI, 2021).

Estado	Población total dentro del área de estudio	Municipio más poblado dentro del área de estudio	Población del municipio más poblado	Densidad poblacional del municipio más poblado
Baja California	1,719,607.0	Mexicali	1,049,792.0	71.7
Baja California Sur	798,447.0	Los Cabos	351,111.0	93.6
Chihuahua	344,100.0	Guadalupe y Calvo	50,514.0	5.3
Durango	1,167,233.0	Durango	688,697.0	74.2
Nayarit	268,305.0	Santiago Ixcuintla	93,981.0	54.4
Sinaloa	3,026,943.0	Culiacán	1,003,530.0	159.2
Sonora	2,944,840.0	Hermosillo	936,263.0	55.2
Zacatecas	97,464.0	Sombrerete	63,665.0	17.5

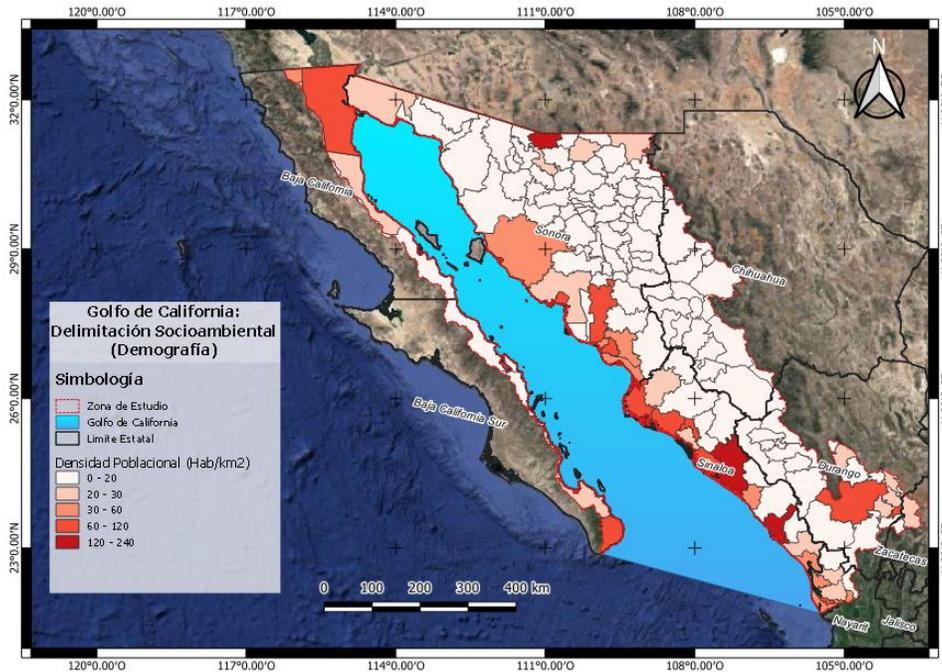
La población total de la zona de estudio resulta ser 10,366,939 de habitantes, los cuales se distribuyen en forma desigual en el territorio, pues tal como se puede distinguir en el Mapa 13, gran parte de los municipios más poblados (> 50,000 hab.) se encuentran en las llanuras costeras de los estados de Sonora y Sinaloa, destacando también, las poblaciones de los municipios de Mexicali, Baja California, y Durango, Durango (INEGI, 2021).

De los 155 municipios incluidos en la zona de estudio, 74 pueden ser considerados centros urbanos, de acuerdo con la clasificación de Sistema Urbano Nacional (SUN), ya que superan los 15,000 habitantes. Así mismo, existen 47 municipios semiurbanos con una población entre 15,000 y 2,500 habitantes y el resto de los municipios son considerados rurales (Barradas, 2021).



Mapa 13. Población total por municipio (año 2020) dentro de la vertiente del Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

A partir de la densidad poblacional a nivel municipal, existe una mayor concentración de población en la costa del estado de Sinaloa por encima de Sonora (Mapa 14), siendo los municipios de Culiacán y Mazatlán los que tienen una densidad poblacional superior a 120 hab/km² (INEGI, 2021).



Mapa 14. Densidad poblacional por municipio en la vertiente del Golfo de California (2020).

Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2018) y CONAGUA (2023).

3.3.5. Conservación ambiental

El término conservación ambiental, se refiere a las iniciativas de carácter político, económico y social que buscan conservar la integridad y diversidad de la naturaleza, así como, asegurar que cualquier uso de los recursos naturales sea equitativo y ecológicamente sostenible. A nivel mundial existen distintas iniciativas con orientación a la conservación ambiental, una de las más significativas es el Sistema de Áreas Protegidas desarrollado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), el cual, es reconocido por organismos como las Naciones Unidas (ONU) y los países miembros del Convenio sobre Diversidad Biológica (UICN, 2022).

Otra de las iniciativas más reconocidas es el Convenio de Ramsar, mediante el cual, se establece un tratado internacional para la designación, conservación y uso racional de distintos humedales alrededor del mundo (Sitios Ramsar) que por sus condiciones de biodiversidad merecen resaltar su jerarquía a nivel global (Convención de Ramsar, 2014).

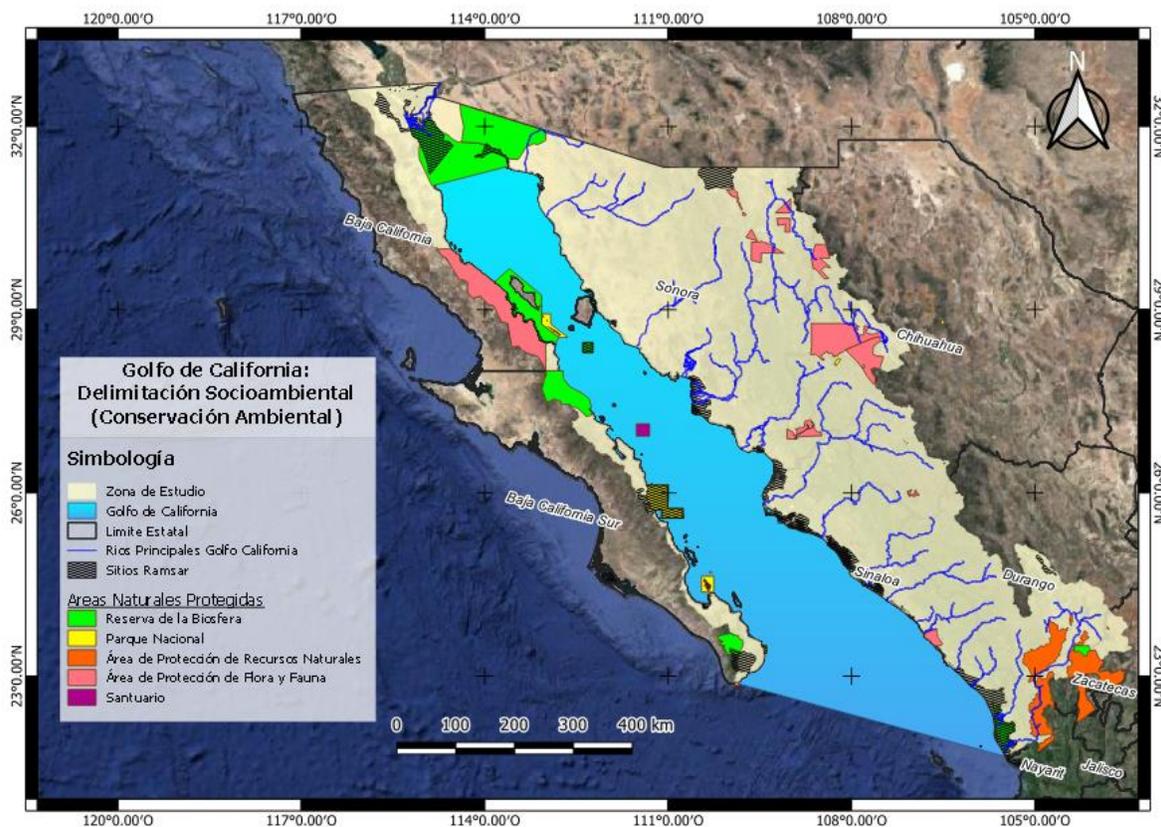
Es preciso recordar que la necesidad de conservar los humedales surge porque se consideran entre los ecosistemas con mayor biodiversidad, pues sirven como hogar para una amplia gama de especies, además, contribuyen con una serie de funciones que incluyen la purificación del agua, la reposición de aguas subterráneas, la estabilización de las costas, el control de inundaciones, etc., (CONANP, 2017).

México, a través de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) se ha establecido un Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SINAP), en donde se definen a estos espacios como: "...zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la Nación ejerce soberanía y jurisdicción, en las que los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano, o que sus ecosistemas y funciones integrales requieren ser preservadas y restauradas." (Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, 2022).

En el caso de los sitios Ramsar, estos se reconocen por el gobierno mexicano tal como lo estipulan los Criterios del Convenio Ramsar, estando obligados a la implementación de las medidas necesarias para garantizar que se mantengan sus características ecológicas. Para realizar la delimitación sobre la conservación ambiental dentro de la zona de estudio, se optó, por identificar tanto las Áreas Naturales Protegidas como los sitios Ramsar presentes (Mapa 15), poniendo de manifiesto la existencia de 30 Áreas Naturales Protegidas y 35 Sitios Ramsar (CONABIO, 2023).

Dentro de las ANP destacan por su importancia medioambiental las Reservas de la Biosfera del Alto Golfo de California, el Delta del Río Colorado, El Pinacate y Gran Desierto de Altar ubicadas en la frontera entre los estados de Baja California y Sonora; otra Reserva de la Biosfera importante es la de El Vizcaíno, ubicada en la frontera entre Baja California (BC) y Baja California Sur (BCS). Sin embargo, también se encuentran sitios de todas las categorías estipuladas por la LGEEPA: Parques Nacionales como el de Bahía de Loreto en Baja California Sur; Áreas de Protección de Recursos Naturales de Flora y Fauna como el Valle de los Cirios en Baja California y Santuarios como la Playa Ceuta en Sinaloa (CONABIO, 2023).

En cuanto a los Sitios Ramsar, la mayoría se encuentran en la llanura costera del estado de Sinaloa y destacan por su extensión: los Humedales del Delta del Río Colorado en Sonora y Baja California, así como el Sistema de Humedales Remanentes del mismo Delta (4,462.86 km²); las Marismas Nacionales de la zona costera de las cuencas de los ríos Presidio, Baluarte, Acaponeta y San Pedro ubicadas en la frontera entre los estados de Sinaloa y Nayarit (3,130.85 km²); los Humedales del Parque Nacional Bahía de Loreto (2,058 km²); el Ecosistema Sierra de Ajos Bavispe en la frontera de Sonora con Estados Unidos (1,827.42 km²) y el Complejo Lagunar Bahía Guásimas Estero Lobos (1,352.97 km²) en la llanura costera de Sonora (Convención de Ramsar, 2014).

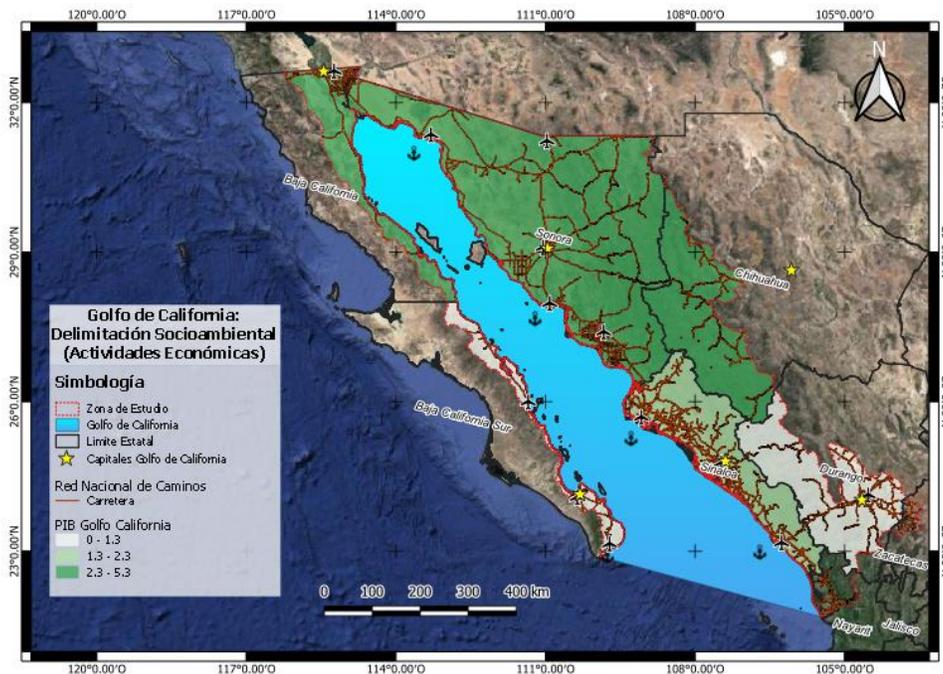


Mapa 15. Áreas Naturales Protegidas y Sitios Ramsar en la vertiente del Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de CONABIO (2023).

3.3.6. Actividades económicas

Para finalizar con la delimitación de la zona de estudio, se realizó un análisis de las principales características económicas de las entidades que conforman la zona. En primer lugar, se registró el porcentaje de participación de cada una de las entidades sobre el Producto Interno Bruto (PIB) a nivel nacional, con ello se reflejó la importancia de los estados de Baja California, Sonora, Chihuahua y Sinaloa representados en el Mapa 16. De igual manera, se compiló información sobre el nivel de producción en las principales ramas del sector secundario, mostrando la gran relevancia de los estados que conforman el Golfo de California en el ámbito agrícola, pesca y acuacultura (INEGI, 2018).

Por último, se ubicaron las obras de infraestructura notables en cuanto a medios de comunicación y transporte, destacando sobre sus costas los puertos de San Felipe, en Baja California; La Paz, San José del Cabo y Santa Rosalía, en Baja California Sur; Puerto Peñasco y Guaymas, en Sonora; y Topolobampo, en Sinaloa (INEGI, 2022).



Mapa 16. Participación porcentual sobre el PIB Nacional e Infraestructura en la vertiente del Golfo de California.
 Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2022).

4. Metodología

El objetivo de los distintos métodos de evaluación de caudal ecológico es determinar si los registros más recientes de caudal registrados cumplen con un régimen resultante del análisis de las series de tiempo. Por tal motivo, en este capítulo se describe en forma detallada la aplicación de las metodologías seleccionadas, para dos corrientes, las aforadas con las estaciones hidrométricas: 11014 Acaponeta y 10018 Puente Sud Pacífico, inalterada y alterada, respectivamente, según el Apéndice Normativo B de la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 (CONAGUA, 2012).

4.1. Información hidrométrica

Antes de iniciar con la ejecución de las metodologías es importante identificar si se cuenta con la información hidrométrica necesaria, como regla general, se puede considerar que una estación con un registro mayor a 20 años consecutivos de datos disponibles para caudales medios diarios es útil para un análisis estadístico mediante la evaluación de caudales ecológicos (CONAGUA, 2012).

4.1.1. Extensión de registros

Dado que en los registros de caudales diarios del Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS), no están completos, es necesario aplicar alguna técnica para solventar dicha problemática (CONAGUA, 2016); para las estaciones hidrométricas en análisis (Tabla 16), primero se aplicó regresión lineal simple en aquellos caso en los que existe una estación aguas arriba o en una corriente cercana, con un coeficiente de correlación adecuado; en caso contrario, se utilizó el método pchip. De esta forma, se tienen series de tiempo de caudal medio diario completas, con longitudes variables, desde dos años hasta setenta años; las series de tiempo con longitud menor a 10 años y los resultados correspondientes no se consideran representativos (de la Lanza Espino et al., 2018).

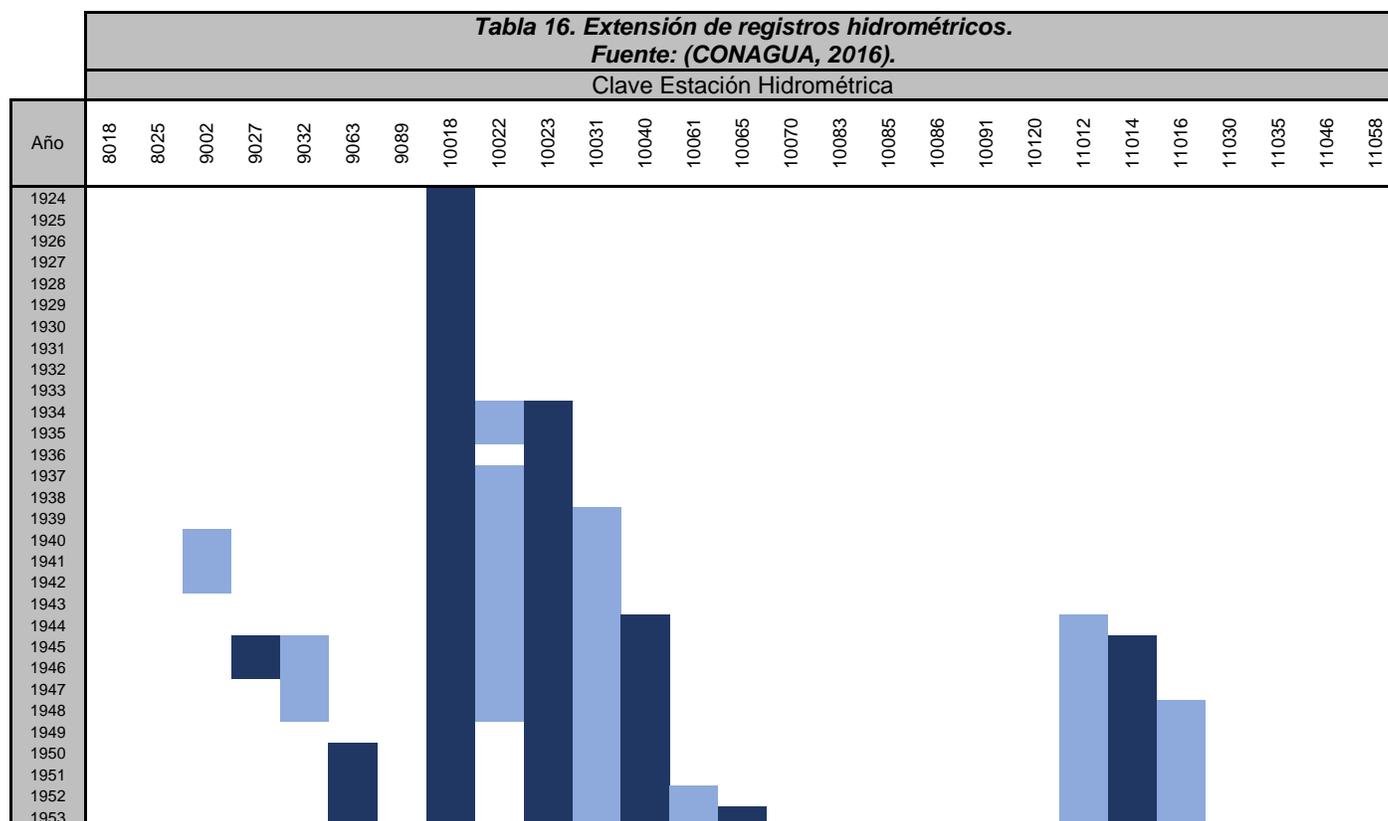


Tabla 16. Extensión de registros hidrométricos (Continuación).

Fuente: (CONAGUA, 2016).

Clave Estación Hidrométrica

Año	8018	8025	9002	9027	9032	9063	9089	10018	10022	10023	10031	10040	10061	10065	10070	10083	10085	10086	10091	10120	11012	11014	11016	11030	11035	11046	11058	
1954																												
1955																												
1956																												
1957																												
1958																												
1959																												
1960																												
1961																												
1962																												
1963																												
1964																												
1965																												
1966																												
1967																												
1968																												
1969																												
1970																												
1971																												
1972																												
1973																												
1974																												
1975																												
1976																												
1977																												
1978																												
1979																												
1980																												
1981																												
1982																												
1983																												
1984																												
1985																												
1986																												
1987																												
1988																												
1989																												
1990																												
1991																												
1992																												
1993																												
1994																												
1995																												
1996																												
1997																												
1998																												
1999																												
2000																												
2001																												
2002																												
2003																												
2004																												
2005																												
2006																												
2007																												
2008																												
2009																												
2010																												
2011																												
2012																												
2013																												
2014																												

4.2. Datos de entrada

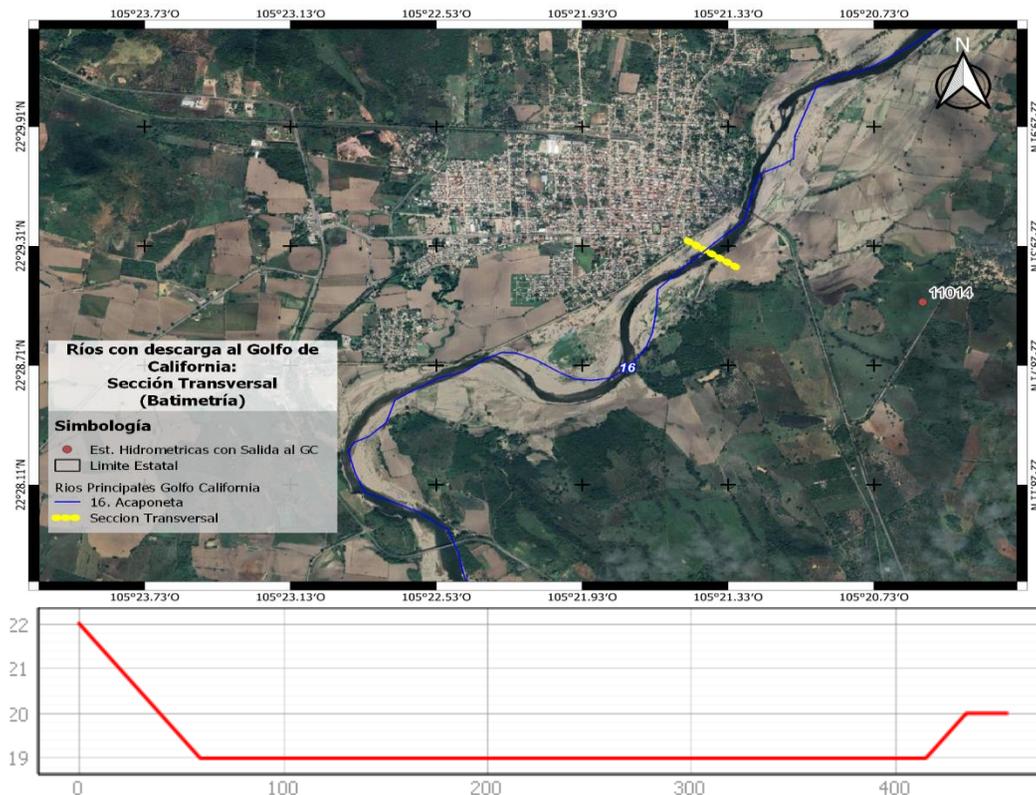
Como parte de la información necesaria para la aplicación de los métodos hidráulicos se requiere conocer las condiciones batimétricas y de rugosidad de los cauces en estudio. Para ello, a partir de la ubicación de las estaciones hidrométricas (Mapa 7) se estableció una sección transversal asociada a cada estación con el fin de tener una referencia de control para obtener el perfil batimétrico, así como la rugosidad y la pendiente del fondo del cauce.

4.2.1. Batimetría

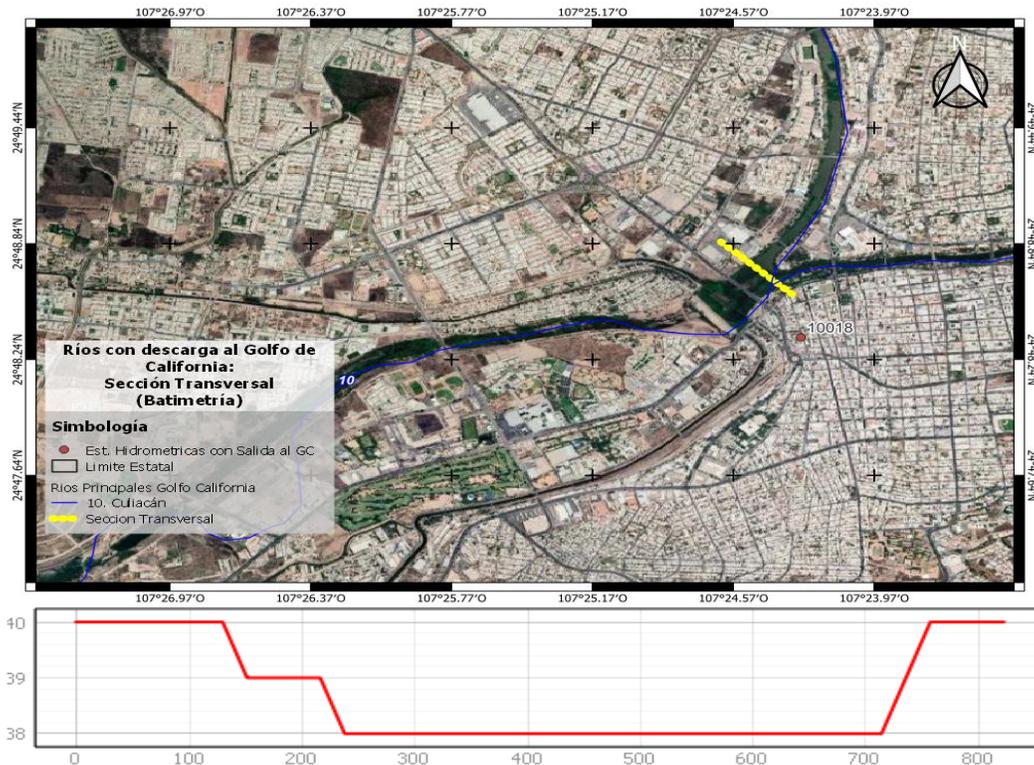
La batimetría se refiere al levantamiento topográfico del relieve de una superficie de terreno cubierta por agua, sea este el fondo del mar o el fondo de los lechos de los ríos, ciénagas, humedales, lagos, embalses, etc., es decir, la cartografía de los fondos de los distintos cuerpos de agua (Chow, 1994).

Debido a que la ejecución de levantamientos batimétricos *in situ* queda fuera del alcance de la presente investigación, la información batimétrica de los cauces se obtuvo a partir de los datos del Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM) desarrollado por el INEGI en 2013 el cual, se trata de un Modelo Digital del Terreno (MDT) que representa las elevaciones del territorio continental mexicano, mediante valores que indican puntos sobre la superficie del terreno y que cuenta con una resolución de 15 metros permitiendo la realización de diversos análisis con resultados satisfactorios (INEGI, 2013).

Así mismo, se hizo uso del software QGIS para definir las secciones transversales y obtener el perfil batimétrico de cada estación (Mapa 17 y Mapa 18). A continuación, se muestran los datos obtenidos para la estación “11014 – Acaponeta” así como, para la estación “10018 – Puente Sud Pacífico” (INEGI, 2013):



Mapa 17. Sección transversal y perfil batimétrico obtenidos para la estación 11014 – Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2013).



Mapa 18. Sección transversal y perfil batimétrico obtenidos para la estación 10018 - Puente Sud Pacifico.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de INEGI (2013).

4.2.2. Rugosidad

El valor del coeficiente de rugosidad se identificó tomando como referencia las especificaciones dictadas por en la Tabla 7. Concretamente, se optó por establecer una cifra única para todo el conjunto de estaciones, correspondiente al valor mínimo del inciso A.3.b., que se refiere a corrientes mayores (ancho superficial en nivel de creciente > 30 metros) y con sección transversal irregular, de este modo, $n = 0.035$ (Chow, 1994).

4.3. Métodos hidrológicos

En esta sección, se presenta la aplicación de las metodologías hidrológicas elegidas para evaluar el caudal ecológico en una corriente seleccionada.

4.3.1. Métodos según la NMX-AA-159-SCFI-2012

4.3.1.1. Apéndice Normativo B

- Identificar las corrientes donde se realizará el estudio de los caudales ecológicos.

En la Tabla 17 se observan las características más importantes que permiten identificar las corrientes en estudio, así como la estación hidrométrica asociada, para mayor detalle geográfico, se puede consultar el Mapa 4 y el Mapa 7.

**Tabla 17. Estaciones hidrométricas seleccionadas para el estudio de caudal ecológico.
 Fuente: (CONAGUA, 2012).**

	Corriente A	Corriente B
Estación Hidrométrica	11014 Acaponeta	10018 Puente Sud Pacifico
Río	Acaponeta	Culiacán
Región Hidrológica	11 Presidio – San Pedro	10 Sinaloa
Cuenca Hidrológica	Río Acaponeta 2	Río Culiacán
Importancia Ecológica	Muy Alta	Alta
Presión de uso	Baja	Muy Alta
Estado de conservación deseado	Muy Bueno	Deficiente
Objetivo ambiental	A	D

- b. Ordenar a partir de la información hidrológica de la serie diaria, los caudales medios mensuales, separando las series en RHN y RHA.

A partir de los registros diarios obtenidos del BANDAS, se construyeron las series de caudal medio mensual. Para separar el tipo de régimen, se usaron los hidrogramas de caudal medio diario presentados en la Figura 6 y Figura 7 para la estación 11014 y 10018 respectivamente. Para el caso del Río Acaponeta, en el hidrograma de caudal medio diario se nota que el régimen mantiene un comportamiento estacional normal a través del tiempo, distinguiéndose claramente las épocas de crecientes y sequía, así como algunos eventos extraordinarios ($>1000 \text{ m}^3/\text{s}$). Por lo tanto, se optó por dividir el RHN y el RHA a la mitad del periodo de registros disponibles puesto que no se observa ninguna alteración significativa (CONAGUA, 2016).

En cambio, el hidrograma del Río Culiacán muestra un comportamiento totalmente diferente pues para el periodo de 1924 a 1958, la variación del régimen sigue los patrones estacionales, sin embargo, a partir de 1962 y hasta el final de los registros disponibles en 1992, el comportamiento del caudal medio diario se muestra como un valor aproximadamente constante a lo largo del tiempo (CONAGUA, 2016).

Una de las probables causas de dicho comportamiento es la regulación del caudal aguas arriba de la estación por parte de la presa derivadora Ing. Carlos Carvajal “Culiacán” en conjunción con la presa Adolfo López Mateos “El Humaya” cuyos años de construcción fueron 1951 y 1964 respectivamente. Por tal motivo, se decidió tomar como RHN para la estación al periodo comprendido entre 1924 y 1958 (CONAGUA, 2023).

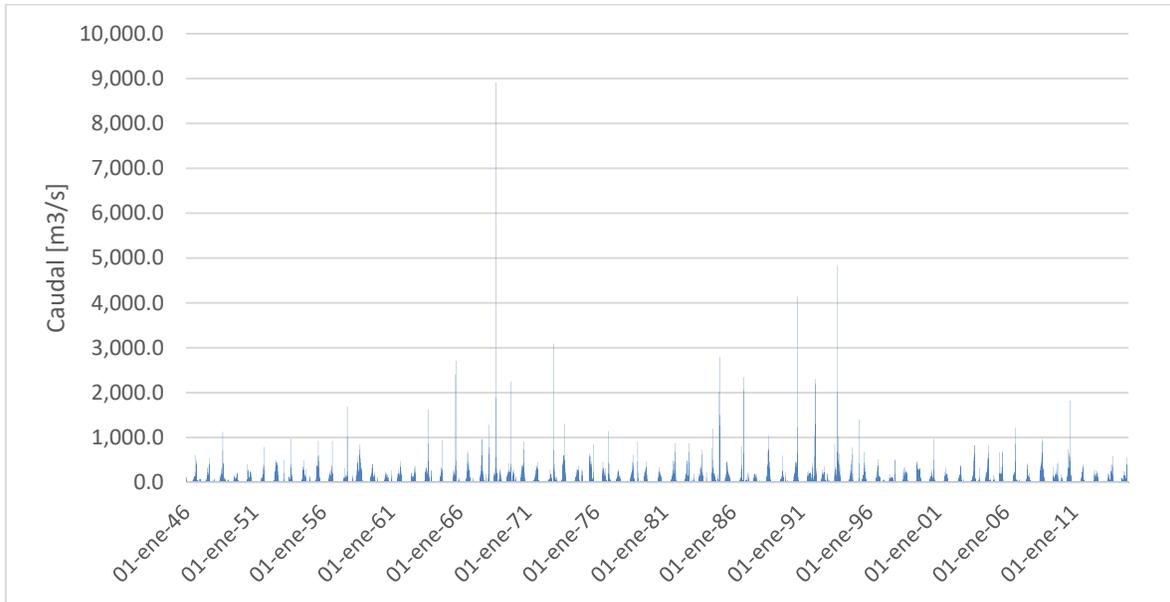


Figura 6. Caudal medio diario (1946-2014) para la estación 11014 – Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de CONAGUA (2016).

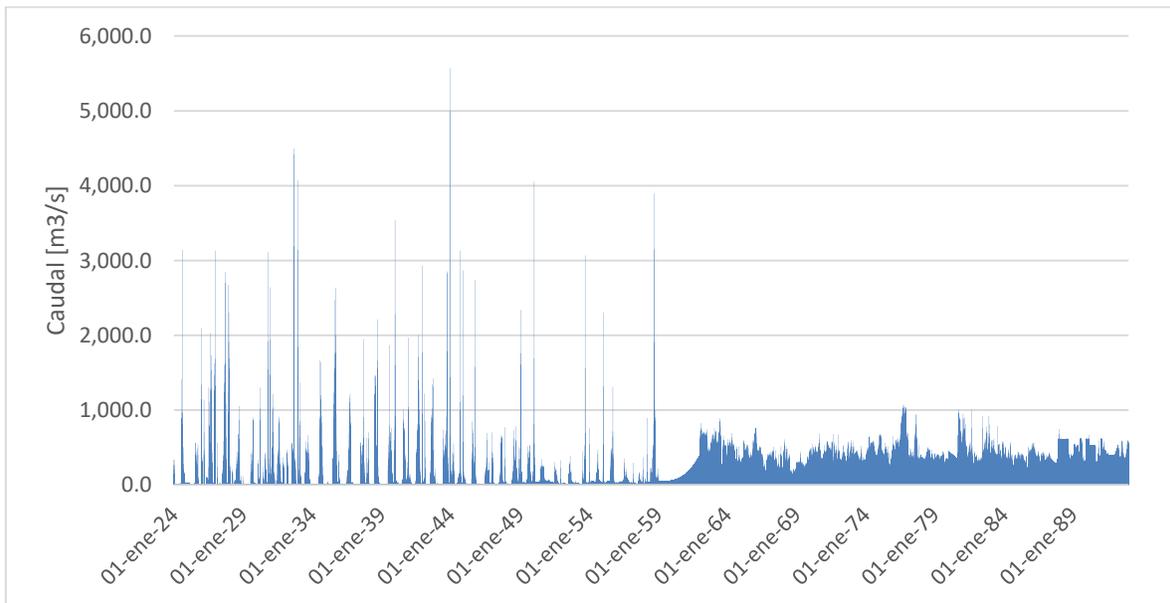


Figura 7. Caudal medio diario (1924-1992) para la estación 10018 – Puente Sud Pacífico.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de CONAGUA (2016).

En la Tabla 18 se muestran los valores registrados de caudal medio diario agrupados en promedio mensual para el RHN del Río Acaponeta (E.H. 11014 Acaponeta), mientras que en la Tabla 19 se muestran los valores para el RHA (CONAGUA, 2016).

Tabla 18. RHN para la estación hidrométrica 11014 Acaponeta.
Fuente: (CONAGUA, 2016).

Caudal Medio Mensual (Qmi; m ³ /s)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	EMA
1946	17.6	4.7	2.9	2.3	2.0	10.7	46.8	100.3	104.2	125.4	14.0	5.8	36.4
1947	32.3	4.2	2.8	1.8	1.9	19.8	41.8	135.2	131.0	14.4	5.3	4.6	32.9
1948	8.9	14.6	3.4	2.8	3.2	23.3	83.4	121.2	203.3	31.2	22.7	9.6	44.0
1949	15.8	14.2	5.0	2.8	2.0	9.7	65.7	56.6	88.0	37.4	5.5	3.9	25.6
1950	3.2	2.8	2.3	1.8	1.7	31.1	103.3	59.5	123.9	37.5	4.8	2.7	31.2
1951	3.2	2.2	1.8	1.6	1.4	2.5	43.0	74.5	144.5	11.0	3.1	3.6	24.4
1952	2.1	1.7	1.4	1.4	1.1	40.5	151.9	199.7	96.9	20.6	3.4	3.3	43.7
1953	2.7	32.3	4.6	1.9	1.3	3.3	52.5	102.0	99.2	26.5	3.4	4.0	27.8
1954	3.2	1.7	1.1	0.9	0.9	14.0	113.1	122.1	66.6	50.8	4.6	2.6	31.8
1955	20.2	3.1	1.7	1.4	1.4	2.3	85.3	231.0	226.8	42.0	5.5	3.6	52.0
1956	3.2	2.6	1.9	1.7	4.0	36.9	97.5	106.6	126.8	9.4	3.0	2.5	33.0
1957	2.0	1.7	2.7	1.8	1.4	1.7	35.9	67.2	63.8	120.1	8.8	3.7	25.9
1958	3.0	3.0	20.5	2.0	2.0	30.4	195.6	162.6	363.9	136.5	58.7	12.6	82.6
1959	6.7	3.3	2.4	3.4	1.8	7.6	78.7	178.6	86.5	64.6	13.4	5.4	37.7
1960	20.1	4.6	2.6	1.8	1.5	2.1	35.4	95.4	56.8	22.3	6.6	6.4	21.3
1961	31.9	5.2	1.8	1.5	1.1	17.4	125.0	114.0	239.4	37.1	5.6	4.7	48.7
1962	2.6	2.5	1.3	1.2	1.1	25.6	65.1	76.7	132.6	94.5	9.7	5.3	34.9
1963	4.7	2.8	2.3	1.4	1.8	15.1	153.0	135.8	206.3	63.4	7.9	40.3	52.9
1964	6.3	4.1	2.6	1.8	1.7	8.5	25.3	92.7	163.9	77.4	5.1	4.5	32.8
1965	2.7	2.4	1.4	1.3	1.2	1.6	14.8	111.9	282.3	36.2	5.6	16.0	39.8
1966	7.6	10.7	3.7	3.3	2.8	13.3	65.4	228.6	185.4	35.4	6.2	9.9	47.7
1967	9.3	4.2	3.0	1.7	1.8	5.6	64.4	239.8	206.2	25.1	7.1	17.9	48.8
1968	5.5	20.4	130.9	4.8	2.2	3.4	77.7	125.5	543.7	55.7	19.7	43.6	86.1
1969	44.4	9.2	3.0	1.7	1.4	1.7	102.1	107.8	128.9	169.5	10.3	53.7	52.8
1970	47.0	18.4	6.4	2.6	1.9	13.5	105.8	195.1	243.1	44.7	5.2	3.3	57.2
1971	2.7	2.0	1.6	1.7	1.7	16.2	82.1	109.0	191.3	48.4	5.5	3.4	38.8
1972	5.9	2.4	1.8	1.3	1.2	3.6	24.7	48.4	95.6	28.3	168.1	41.5	35.2
1973	34.4	18.9	6.0	2.9	2.2	4.6	90.6	262.4	246.0	42.8	8.5	4.7	60.3
1974	4.0	3.3	2.5	1.6	3.7	5.1	69.1	91.1	112.5	39.6	4.8	42.1	31.6
1975	13.1	4.3	2.6	1.8	1.5	1.9	178.1	214.1	130.9	52.9	7.9	3.9	51.1
1976	2.8	2.2	1.7	1.4	1.1	9.2	138.2	82.8	79.9	15.9	81.2	32.8	37.4
1977	46.5	5.8	3.4	2.6	2.1	8.0	50.6	149.1	87.7	35.2	5.3	3.0	33.3
1978	2.6	5.2	2.3	1.6	1.2	3.6	68.8	71.4	186.7	52.5	8.4	4.5	34.1
1979	64.6	19.9	4.2	2.4	1.7	2.0	47.1	120.9	124.6	7.4	3.1	3.0	33.4
PROMEDIO	14.2	7.1	7.0	2.0	1.8	11.6	81.7	129.1	163.8	50.3	15.8	12.1	41.4

**Tabla 19. RHA para la estación hidrométrica 11014 Acaponeta.
Fuente: (CONAGUA, 2016).**

Caudal Medio Mensual (Qmi; m ³ /s)													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	EMA
1980	2.9	4.1	2.1	1.6	1.5	2.8	38.2	128.1	106.2	34.2	9.7	4.6	28.0
1981	7.5	5.2	3.8	2.1	1.6	3.3	57.6	98.9	134.9	140.3	22.7	7.2	40.4
1982	7.5	5.2	3.8	2.1	1.6	3.3	57.6	98.9	134.9	140.3	22.7	7.2	40.4
1983	19.4	9.1	21.2	3.1	4.7	5.0	51.1	93.3	145.9	107.4	23.6	5.4	40.8
1984	12.8	12.3	2.5	1.6	1.8	28.0	233.9	137.0	74.0	18.6	16.3	21.8	46.7
1985	325.8	16.8	6.2	3.0	1.9	34.2	100.4	158.9	124.1	49.0	12.5	5.1	69.8
1986	3.4	3.7	2.0	1.6	1.5	4.7	27.9	90.3	103.8	214.4	21.7	18.9	41.2
1987	16.9	23.8	17.4	2.6	1.6	2.6	34.3	88.2	69.8	18.7	3.4	9.1	24.0
1988	5.2	2.2	1.8	1.7	1.3	5.7	119.2	288.7	157.4	28.9	10.2	8.3	52.5
1989	3.2	2.1	1.6	1.3	1.1	1.8	35.6	137.7	103.0	14.8	23.7	13.5	28.3
1990	13.7	7.0	2.8	1.7	1.6	11.3	120.5	186.3	209.0	306.1	14.6	5.3	73.3
1991	3.1	2.4	1.8	1.5	1.2	9.1	108.3	104.3	138.4	30.4	69.2	39.7	42.5
1992	460.8	163.6	14.3	6.1	3.2	2.9	51.0	148.2	136.1	39.2	8.2	37.4	89.2
1993	10.3	6.8	3.0	2.0	1.6	18.6	149.1	100.5	504.4	43.0	97.7	10.2	78.9
1994	5.4	3.8	3.1	4.2	2.7	9.4	29.0	87.8	89.4	77.9	6.8	4.0	27.0
1995	3.0	2.3	1.7	66.0	1.7	5.5	78.2	156.7	152.9	21.6	0.9	2.3	41.1
1996	2.5	2.1	1.7	1.4	1.2	6.3	66.6	82.5	143.0	38.1	2.5	3.2	29.3
1997	12.8	13.9	3.3	8.4	4.1	13.3	60.4	57.2	70.1	24.6	59.6	6.1	27.8
1998	3.8	2.4	1.5	1.4	1.3	3.4	89.5	103.0	154.1	61.2	9.6	4.2	36.3
1999	2.5	1.5	1.5	1.4	1.2	53.8	206.3	160.5	158.8	37.4	5.6	3.6	52.8
2000	2.4	1.9	1.3	0.9	0.9	34.5	81.4	103.4	126.4	50.8	10.8	5.4	35.0
2001	4.0	2.5	6.2	1.7	1.3	5.3	88.9	104.4	87.8	23.8	3.7	4.2	27.8
2002	2.4	6.6	2.0	1.2	1.3	2.3	29.4	84.9	170.4	16.3	6.0	10.6	27.8
2003	2.8	2.6	1.7	1.2	1.0	2.3	41.8	94.3	275.6	42.8	5.7	3.2	39.6
2004	35.1	7.7	3.1	1.9	1.2	13.2	86.0	170.8	281.8	44.5	24.0	6.2	56.3
2005	3.8	27.4	10.6	2.9	1.5	1.3	71.9	121.9	75.1	100.9	5.5	3.1	35.5
2006	2.2	2.0	1.4	1.1	1.1	5.5	25.7	132.1	188.6	32.7	7.3	3.8	33.6
2007	11.7	3.1	1.8	1.2	0.9	6.3	84.7	115.7	73.7	23.3	5.3	3.5	27.6
2008	2.2	1.9	1.4	1.1	1.0	2.3	164.0	281.8	302.5	67.0	7.3	2.1	69.6
2009	1.8	2.3	1.9	1.4	2.2	35.3	74.4	69.4	122.0	80.3	10.5	10.1	34.3
2010	8.5	43.5	7.2	2.7	1.8	3.3	140.6	214.3	318.9	43.7	5.0	2.7	66.0
2011	2.1	1.6	1.2	0.9	0.7	1.0	51.3	129.6	71.4	3.8	2.7	2.0	22.4
2012	1.7	2.2	1.3	0.8	1.2	22.5	63.5	89.9	95.7	12.3	4.0	2.3	24.8
2013	3.6	1.9	1.4	1.0	0.8	10.0	53.1	36.9	136.7	37.4	63.2	6.1	29.3
2014	4.0	1.9	1.5	1.1	0.9	17.2	50.1	78.0	94.3	40.5	79.9	8.3	31.5
PROMEDIO	28.9	11.4	4.0	3.9	1.6	11.1	80.6	123.8	152.3	59.0	19.5	8.3	42.0

Así mismo, en la Tabla 20 y la Tabla 21 se muestran los valores de caudal medio mensual para el RHN y el RHA del Río Culiacán (E.H. 10018 Puente Sud Pacífico):

Tabla 20. RHN para la estación 10018 Puente Sud Pacífico.													
Fuente: (CONAGUA, 2016).													
Caudal Medio Mensual (Qmi) [m ³ /s]													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	EMA
1924	81.4	11.0	6.9	3.3	2.3	4.0	356.7	353.8	119.5	30.4	14.7	18.9	83.6
1925	19.3	19.3	6.9	1.6	1.8	3.2	110.9	157.1	134.7	8.7	8.1	235.0	58.9
1926	250.3	11.0	131.4	5.0	42.3	11.3	253.9	390.5	526.1	65.8	14.0	671.9	197.8
1927	17.8	43.1	6.9	9.5	4.2	40.5	47.0	459.6	614.6	126.2	14.7	640.1	168.7
1928	129.9	11.0	64.4	3.3	15.8	20.0	99.5	223.7	138.2	30.6	19.9	16.3	64.4
1929	11.2	11.0	6.9	3.3	2.3	4.0	83.7	118.8	303.8	29.2	14.7	11.6	50.0
1930	82.1	90.6	114.2	3.3	2.3	30.3	53.2	86.2	29.2	302.0	23.5	307.5	93.7
1931	114.9	202.9	9.3	51.1	2.3	46.8	210.5	387.2	63.4	28.9	74.4	42.1	102.8
1932	11.2	10.7	205.2	3.3	2.3	4.0	344.9	502.5	471.1	117.7	14.7	457.3	178.7
1933	145.4	249.5	24.2	7.6	4.5	39.2	220.9	235.1	302.8	96.5	15.3	10.0	112.6
1934	6.9	5.6	3.4	2.3	4.1	21.0	323.9	503.7	216.6	24.7	8.4	6.3	93.9
1935	5.1	15.0	5.0	2.5	1.1	33.4	361.8	642.3	788.1	54.7	68.1	24.0	166.8
1936	11.7	6.7	4.8	2.5	1.5	3.6	73.3	278.8	715.8	53.9	13.6	16.5	98.6
1937	12.1	6.0	3.7	2.4	1.6	66.2	204.4	210.4	394.2	35.7	12.9	85.8	86.3
1938	86.6	15.8	8.0	3.5	2.0	93.2	822.9	455.8	669.5	47.5	16.7	9.0	185.9
1939	9.0	5.9	3.5	2.0	1.7	60.4	155.4	400.7	211.5	66.8	23.4	432.9	114.4
1940	61.8	22.0	13.4	5.3	3.0	13.7	126.4	501.0	239.6	29.6	90.7	186.8	107.8
1941	34.8	32.7	8.0	4.3	3.8	13.9	178.2	304.9	656.0	91.2	15.7	244.0	132.3
1942	18.2	138.6	19.7	6.3	3.0	2.7	83.7	465.2	430.3	179.4	37.2	11.5	116.3
1943	12.2	6.7	3.3	2.0	1.6	127.8	200.9	317.3	672.8	244.6	27.1	508.3	177.1
1944	84.6	86.5	106.6	18.4	8.7	8.9	48.6	232.6	254.1	26.4	213.7	47.1	94.7
1945	43.6	13.4	6.9	4.1	2.4	1.6	166.3	266.8	123.7	238.0	18.5	10.8	74.7
1946	12.2	6.6	3.9	2.4	1.3	29.2	116.0	199.9	140.7	61.1	10.4	24.4	50.7
1947	166.0	15.2	10.9	7.5	5.4	10.1	59.1	321.5	273.3	32.1	22.1	99.0	85.2
1948	16.9	14.7	11.2	7.6	5.6	42.8	200.4	216.5	240.3	77.9	20.7	66.9	76.8
1949	464.8	106.3	26.1	30.4	27.4	25.0	103.7	156.3	201.5	62.9	43.2	49.0	108.0
1950	360.9	31.8	32.2	32.2	39.1	46.4	148.3	108.5	155.6	67.1	53.8	49.4	93.8
1951	39.4	49.6	38.0	33.6	31.3	22.3	58.5	101.6	39.0	26.7	13.2	36.2	40.8
1952	15.9	16.0	24.0	14.5	10.6	12.3	114.6	135.1	47.5	39.3	27.0	20.6	39.8
1953	13.8	18.9	23.2	14.0	6.6	3.2	54.0	93.0	279.4	26.8	22.5	27.5	48.6
1954	73.7	27.0	46.4	41.8	29.7	27.0	83.1	163.8	58.6	48.7	36.6	30.4	55.6
1955	238.4	18.5	29.1	36.8	46.0	40.5	64.2	319.9	241.5	95.9	28.1	28.8	99.0
1956	22.0	29.3	36.4	40.4	39.6	30.8	100.1	73.8	86.2	71.6	44.1	29.7	50.3
1957	21.8	22.9	41.8	25.7	20.6	13.7	20.8	80.1	33.7	29.2	17.5	34.8	30.2
1958	20.2	21.5	81.9	34.1	26.2	66.5	62.7	209.6	661.5	259.8	51.2	44.4	128.3
PROMEDIO	77.6	39.8	33.4	13.4	11.5	29.1	163.2	276.4	301.0	80.8	32.9	129.6	99.1

**Tabla 21. RHA para la estación hidrométrica 10018 Puente Sud Pacífico.
Fuente: (CONAGUA, 2016).**

Caudal Medio Mensual (Qmi) [m ³ /s]													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	EMA
1962	536.1	607.1	615.6	609.2	597.7	559.7	409.7	389.7	338.0	346.8	478.7	493.4	498.5
1963	506.6	585.3	529.8	490.0	544.4	619.8	300.0	245.8	419.0	476.8	475.6	356.1	462.4
1964	458.5	480.6	479.0	508.0	498.9	479.2	365.6	350.7	326.6	311.8	330.3	307.2	408.0
1965	330.0	371.6	430.0	391.6	427.0	405.3	362.7	340.7	356.3	352.7	456.2	511.6	394.7
1966	594.7	463.4	439.4	449.7	445.9	358.2	278.2	211.4	201.0	197.1	303.6	317.7	355.0
1967	338.8	312.7	323.6	352.7	309.6	268.9	256.5	202.9	216.4	226.3	311.5	239.6	279.9
1968	302.9	348.1	223.3	327.6	252.6	288.2	180.2	156.6	117.1	185.7	164.9	206.6	229.5
1969	269.0	269.4	269.0	287.9	247.2	246.7	222.5	220.9	228.5	290.6	274.3	306.6	261.1
1970	327.3	307.4	384.5	367.5	399.2	358.4	351.6	294.7	304.1	303.3	308.8	342.2	337.4
1971	386.0	407.8	478.4	475.9	414.3	410.6	338.4	272.0	268.3	346.8	326.6	268.7	366.2
1972	366.0	330.5	311.5	329.3	340.8	340.3	294.1	263.2	375.2	315.5	266.1	341.1	322.8
1973	331.2	392.1	342.7	404.0	381.5	324.4	293.8	284.4	249.1	267.0	300.7	312.5	323.6
1974	336.8	383.1	478.3	528.5	472.8	524.8	424.9	370.0	320.3	310.8	311.7	367.5	402.5
1975	491.5	410.1	390.4	348.1	377.6	402.1	307.4	261.4	247.7	172.3	349.0	438.7	349.7
1976	459.1	446.1	511.8	482.1	459.3	481.2	509.4	606.7	836.2	726.3	703.2	484.0	558.8
1977	411.1	358.4	357.6	340.8	325.0	317.9	377.0	511.7	464.1	304.0	333.6	357.7	371.6
1978	313.1	324.7	324.5	321.6	378.2	420.5	421.1	348.8	298.6	357.0	330.1	334.1	347.7
1979	336.4	360.0	349.1	342.4	321.2	342.0	327.4	334.6	226.6	264.4	334.8	353.5	324.4
1980	438.0	424.2	411.9	400.1	386.8	373.8	360.8	318.4	501.7	508.5	452.0	476.6	421.1
1981	555.6	608.1	440.6	380.5	347.1	395.8	349.9	374.4	301.3	177.0	343.9	317.6	382.7
1982	313.2	303.4	286.4	294.4	316.3	361.2	397.9	333.3	315.2	410.6	454.0	430.8	351.4
1983	390.0	408.9	434.7	364.7	352.6	354.7	387.6	321.9	367.2	313.9	417.0	352.9	372.2
1984	336.0	346.0	327.1	333.6	323.2	357.6	278.7	218.3	271.6	282.6	328.9	279.8	307.0
1985	319.3	327.5	319.2	340.2	330.8	301.1	264.6	248.5	223.9	297.3	387.6	402.5	313.5
1986	421.6	406.2	406.7	351.2	340.0	369.1	321.5	288.9	330.9	322.9	361.7	316.0	353.1
1987	320.2	337.7	351.2	358.2	333.5	331.5	316.8	303.5	289.9	291.7	381.8	614.4	352.5
1988	569.3	593.2	606.0	610.3	608.0	609.0	611.9	416.5	315.9	344.3	367.6	378.5	502.6
1989	432.1	487.7	477.6	469.0	463.7	483.9	558.8	455.1	295.7	296.9	401.6	605.3	452.3
1990	573.0	531.6	530.4	527.7	526.8	526.0	523.3	296.3	289.4	325.4	365.3	373.6	449.1
1991	490.7	440.1	450.8	433.4	404.5	390.6	397.6	397.6	397.6	397.6	397.6	397.6	416.3
1992	419.7	465.4	511.3	427.4	347.4	354.8	461.7	361.1	343.3	336.5	385.0	445.3	404.9
PROMEDIO	408.8	414.2	412.7	408.0	395.9	398.6	363.0	322.6	323.8	324.5	367.9	378.4	376.5

- c. Calcular en la serie de RHN los percentiles 90 y 10, tanto mensuales como anuales.

Los percentiles se calcularon con el método del índice porcentual, obteniendo los valores de la Tabla 22, en donde se indican los caudales máximos y mínimos ordinarios (Fernández y Guitart, 2020).

Tabla 22. Caudales máximos y mínimos ordinarios de RHN para las estaciones hidrométricas seleccionadas (m³/s)
Fuente: (CONAGUA, 2012; 2016).

Parámetro	11014 Acaponeta		10018 Puente Sud Pacífico	
	P10	P90	P10	P90
Enero	2.58	45.43	10.32	243.18
Febrero	1.86	19.38	6.36	119.22
Marzo	1.42	6.21	3.63	109.65
Abril	1.30	3.06	2.17	38.23
Mayo	1.10	2.98	1.55	39.29
Junio	1.80	30.73	3.19	66.33
Julio	30.37	152.46	51.36	349.60
Agosto	63.35	229.81	90.31	501.57
Septiembre	73.27	264.14	44.09	670.80
Octubre	12.67	122.75	26.54	240.67
Noviembre	3.23	40.68	11.88	70.59
Diciembre	2.86	41.83	10.52	477.67

Parámetro	P10	P90	P10	P90
Aportación media	195.79	959.47	261.91	2926.80
Caudal medio anual	16.32	79.96	21.83	243.90

- d. Verificar si los caudales actuales (RHA) a manera mensual y anual se encuentran contenidos en el régimen de caudal ordinario máximo (P90) y mínimo (P10) sugeridos por el RHN.

En la Tabla 23 y la Tabla 24 se muestran los resultados para cada estación hidrométrica, respectivamente; se cumple que el valor del caudal medio mensual para la serie del RHA se encuentra dentro del intervalo que va desde el P10 hasta el P90 calculados.

Tabla 23. Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 11014 Acaponeta (m³/s)
Fuente: (CONAGUA, 2012; 2016).

Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	2.58	45.43	24.00	35.00	68.57	NO ALTERADA
Febrero	1.86	19.38	29.00	35.00	82.86	
Marzo	1.42	6.21	24.00	35.00	68.57	
Abril	1.30	3.06	19.00	35.00	54.29	
Mayo	1.10	2.98	23.00	35.00	65.71	
Junio	1.80	30.73	28.00	35.00	80.00	
Julio	30.37	152.46	28.00	35.00	80.00	
Agosto	63.35	229.81	31.00	35.00	88.57	
Septiembre	73.27	264.14	27.00	35.00	77.14	
Octubre	12.67	122.75	29.00	35.00	82.86	
Noviembre	3.23	40.68	27.00	35.00	77.14	
Diciembre	2.86	41.83	30.00	35.00	85.71	
Total mensual			319.00	420.00	75.95	

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	195.79	959.47	34.00	35.00		NO ALTERADA
Caudal medio anual	16.32	79.96	34.00	35.00	97.14	

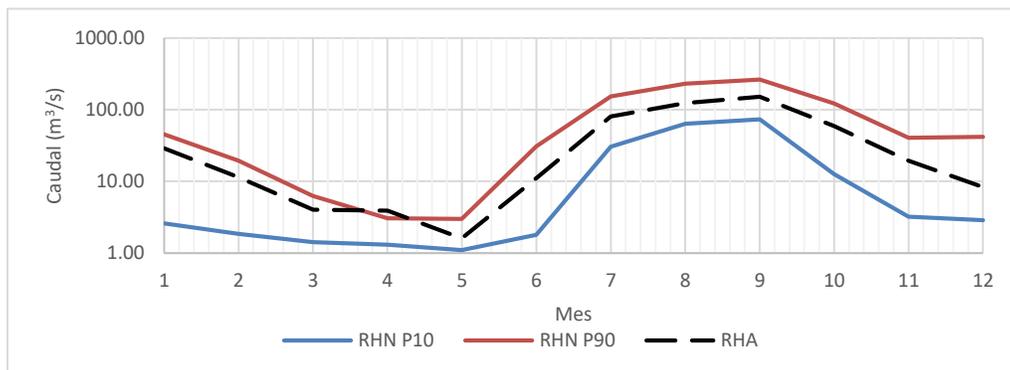
**Tabla 24. Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS para la estación 10018 Puente Sud Pacífico (m³/s).
Fuente: (CONAGUA, 2012; 2016).**

Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	10.32	243.18	0.00	31.00	0.00	
Febrero	6.36	119.22	0.00	31.00	0.00	
Marzo	3.63	109.65	0.00	31.00	0.00	
Abril	2.17	38.23	0.00	31.00	0.00	
Mayo	1.55	39.29	0.00	31.00	0.00	
Junio	3.19	66.33	0.00	31.00	0.00	
Julio	51.36	349.60	14.00	31.00	45.16	
Agosto	90.31	501.57	29.00	31.00	93.55	
Septiembre	44.09	670.80	30.00	31.00	96.77	
Octubre	26.54	240.67	5.00	31.00	16.13	
Noviembre	11.88	70.59	0.00	31.00	0.00	
Diciembre	10.52	477.67	26.00	31.00	83.87	
Total mensual			104.00	372.00	27.96	ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	261.91	2926.80	1.00	31.00		
Caudal medio anual	21.83	243.90	1.00	31.00	3.23	ALTERADA

De los resultados obtenidos, se observa claramente la diferencia entre el estado de conservación de los ríos. Para el Río Acaponeta prácticamente el 76% de los meses que forman parte del RHA se encuentran dentro del intervalo P10 – P90 y, en forma anual, el valor del EMA para los 35 años de registro cumple en un 97%, con lo cual se puede decir que se trata de una corriente hidrológicamente no alterada. Por otro lado, para el Río Culiacán la situación es opuesta, ya que en forma mensual solo el 28% de los casos se encuentra dentro de intervalo y en forma anual el 3%, con ello las condiciones hidrológicas de la corriente están alteradas (CONAGUA, 2016).

Para una mejor visualización se pueden observar la Figura 9 y la Figura 10, en donde para el caso del río Acaponeta, se nota que la línea que representa el RHA en forma mensual y anual se sitúa en medio de los umbrales que representan el valor del P10 y el P90 (CONAGUA, 2012).



*Figura 8. Índice de alteración hidrológica mensual para la estación 11014 Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de CONAGUA (2016).*

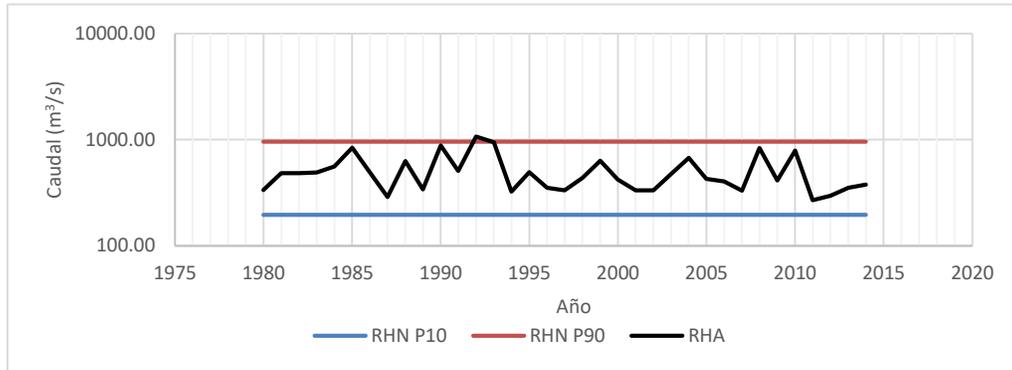


Figura 9. Índice de alteración hidrológica anual para la estación 11014 Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de CONAGUA (2016).

Por otro lado, en la Figura 10 y en la Figura 11 se puede observar que, coincidiendo con los valores tabulados, la línea que representa el RHA del Río Culiacán, se encuentra por encima del valor del P90 en el caso mensual y anual.

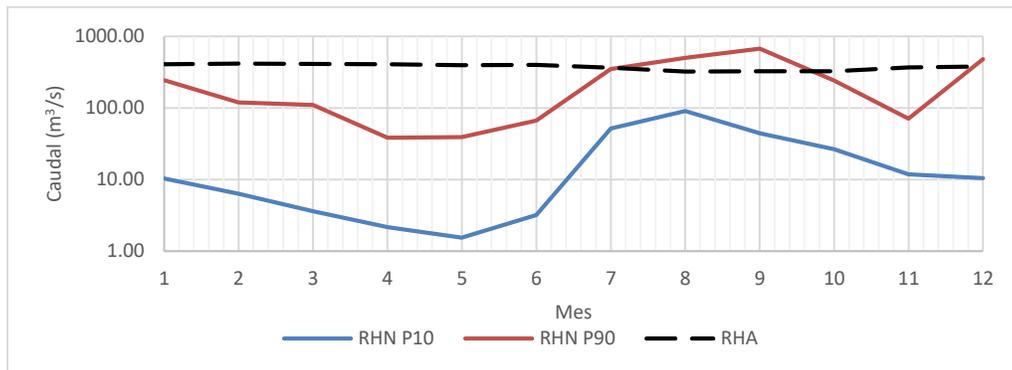


Figura 10. Índice de alteración hidrológica mensual para la estación 10018 Puente Sud Pacifico.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de CONAGUA (2016).

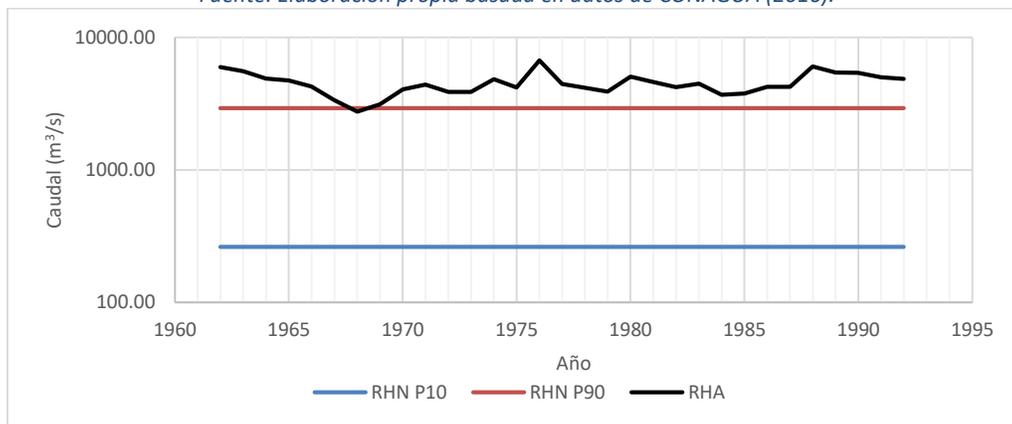


Figura 11. Índice de alteración hidrológica anual para la estación 10018 Puente Sud Pacifico.
Fuente: Elaboración propia basada en datos de CONAGUA (2016).

4.3.1.2. Apéndice Normativo C

a. Selección de sitios de estudio.

Los sitios en estudio corresponden con las características de las corrientes presentadas en la Tabla 17, las estaciones 11014 – Acaponeta y 10018- Puente Sud Pacífico.

b. Selección de serie de datos.

Para este método es necesaria una serie de caudales medios mensuales que representen las condiciones que no afecten significativamente a las comunidades biológicas. Por lo tanto, se utilizaron los registros correspondientes al RHN para cada estación, los cuales se presentan en la Tabla 18 y en la Tabla 20 respectivamente (CONAGUA, 2016).

c. Determinación del régimen de años secos, medios y húmedos.

Se calcularon los percentiles 0, 10, 25 y 75 para cada mes, sobre las series mensuales ya ordenadas en los RHN de cada estación. En la Tabla 25 se muestran los resultados para el Río Acaponeta del cálculo de los percentiles asociados a los diferentes tipos de año:

Tabla 25. Años secos, medios y húmedos para la E.H. 11014 – Acaponeta (m³/s). <i>Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012).</i>													
PROMEDIO	21.6	9.3	5.5	3.0	1.7	11.3	81.1	126.4	158.0	54.8	17.7	10.2	
Año húmedo	460.8	163.6	130.9	66.0	4.7	53.8	233.9	288.7	543.7	306.1	168.1	53.7	
Año seco	1.7	1.5	1.1	0.8	0.7	1.0	14.8	36.9	56.8	3.8	0.9	2.0	
Año medio	21.6	9.3	5.5	3.0	1.7	11.3	81.1	126.4	158.0	54.8	17.7	10.2	

En la Tabla 26 se muestran los resultados del cálculo de los percentiles asociados a los diferentes tipos de año para el Río Culiacán:

Tabla 26. Años secos, medios y húmedos para la E.H. 10018 – Puente Sud Pacífico (m³/s). <i>Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012).</i>													
PROMEDIO	77.6	39.8	33.4	13.4	11.5	29.1	163.2	276.4	301.0	80.8	32.9	129.6	
Año húmedo	464.8	249.5	205.2	51.1	46.0	127.8	822.9	642.3	788.1	302.0	213.7	671.9	
Año seco	5.1	5.6	3.3	1.6	1.1	1.6	20.8	73.8	29.2	8.7	8.1	6.3	
Año medio	77.6	39.8	33.4	13.4	11.5	29.1	163.2	276.4	301.0	80.8	32.9	129.6	

d. Determinación de los periodos de estiaje y avenidas.

Los periodos de estiaje y avenidas del año medio del Río Acaponeta se presentan en la Tabla 27, obteniendo un solo periodo de avenida que va desde el mes de julio hasta el mes de octubre:

Tabla 27. Periodos de estiaje y avenida para la estación 11014 – Acaponeta. <i>Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012).</i>													
Caudal Medio Mensual (Qmi) [m ³ /s]													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	EMA
PROMEDIO	21.6	9.3	5.5	3.0	1.7	11.3	81.1	126.4	158.0	54.8	17.7	10.2	41.7
	Estiaje						Avenida			Estiaje			

Los resultados para los periodos de estiaje y avenidas del año medio del Río Culiacán se presentan en la Tabla 28, en donde, existen dos periodos de avenidas, el primero desde el mes de julio hasta el mes de septiembre y otro que únicamente ocupa el mes de diciembre:

Tabla 28. Periodos de estiaje y avenida para la estación 10018 – Puente Sud Pacífico. <i>Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).</i>													
Caudal Medio Mensual (Q _{mi}) [m ³ /s]													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	EMA
PROMEDIO	77.6	39.8	33.4	13.4	11.5	29.1	163.2	276.4	301.0	80.8	32.9	129.6	99.1
	Estiaje						Avenida			Estiaje		Avenida	

- e. Formulación de propuestas de régimen de caudal ecológico mensual y anual para un año tipo y un objetivo ambiental asociado.

En la Tabla 29 se muestra la propuesta de caudal ecológico (Q_{ecol}) para el Río Acaponeta. En forma descriptiva, para el régimen anual en los periodos de estiaje el caudal no debe ser menor al 30% del EMA, que representa las condiciones naturales del sitio, mientras que en los periodos de avenida el caudal no debe ser menor al 60% del EMA. El régimen mensual en periodos de estiaje es más exigente ya que se requiere sostener el 100% del Q_{mi} histórico. Para el Río Culiacán (Tabla 30) los porcentajes son más bajos y fluctúan entre 20-40% o entre el 5-10% pues solo se pretende preservar las condiciones en el estado mínimo deseable (CONAGUA, 2016).

Tabla 29. Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 11014 – Acaponeta. <i>Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).</i>					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m ³ /s]	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m ³ /s]	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m ³ /s]
Enero	21.65	30.00	12.52	100.00	21.65
Febrero	9.27	30.00	12.52	100.00	9.27
Marzo	5.52	30.00	12.52	100.00	5.52
Abril	2.96	30.00	12.52	100.00	2.96
Mayo	1.70	30.00	12.52	100.00	1.70
Junio	11.35	30.00	12.52	100.00	11.35
Julio	81.15	60.00	25.03	50.00	40.57
Agosto	126.44	60.00	25.03	50.00	63.22
Septiembre	157.98	60.00	25.03	50.00	78.99
Octubre	54.76	60.00	25.03	50.00	27.38
Noviembre	17.68	30.00	12.52	100.00	17.68
Diciembre	10.19	30.00	12.52	100.00	10.19
EMA =		41.72		m ³ /s	
Q_{base} =		1.55		m ³ /s	

Tabla 30. Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10018 – Puente Sud Pacífico. <i>Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).</i>					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m ³ /s]	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m ³ /s]	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m ³ /s]
Enero	77.60	5.00	4.95	40.00	31.04
Febrero	39.81	5.00	4.95	40.00	15.93
Marzo	33.37	5.00	4.95	40.00	13.35
Abril	13.36	5.00	4.95	40.00	5.34
Mayo	11.54	5.00	4.95	40.00	4.62
Junio	29.13	5.00	4.95	40.00	11.65
Julio	163.21	10.00	9.91	20.00	32.64
Agosto	276.39	10.00	9.91	20.00	55.28
Septiembre	300.97	10.00	9.91	20.00	60.19
Octubre	80.79	5.00	4.95	40.00	32.32
Noviembre	32.86	5.00	4.95	40.00	13.14
Diciembre	129.56	10.00	9.91	20.00	25.91
EMA =		99.1		m ³ /s	
Q_{base} =		4.6		m ³ /s	

f. Construcción del hidrograma de régimen de caudal ecológico mensual y anual.

Tal como se describió anteriormente, en la Figura 12 se aprecia el hidrograma para el régimen de caudal ecológico en la estación 11014 sobre el Río Acajoneta. Se muestra el caso de un año medio, en donde se pueden destacar que: en ninguno de los meses se presenta un caudal medio mensual inferior al caudal base, con lo cual se garantizan las condiciones mínimas deseables para la conservación de las condiciones ecológicas, también, al tratarse de una cuenca con objetivo ambiental A, en los periodos de estiaje se requiere que el flujo en la corriente sea igual al 100% del régimen natural histórico promedio, mientras que para los periodos de avenida hay más holgura (CONAGUA, 2012).

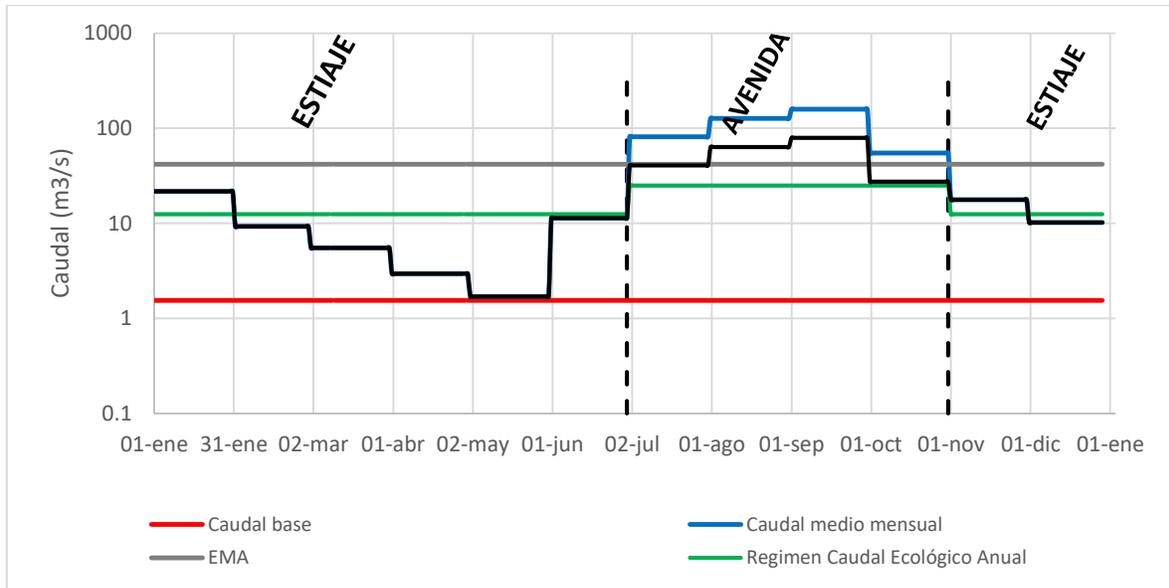


Figura 12. Hidrograma de caudal ecológico para la estación 11014 – Acajoneta.
 Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

Por otro lado, en la estación 10018 en el Río Culiacán se presentan condiciones con mayor afectación ecológica, por lo que se requiere de un menor porcentaje de caudal tanto en términos del Q_{mi} como del EMA. Tal como en el caso anterior, no se presenta un caudal menor al caudal base tanto en el régimen anual como en el mensual. Sin embargo, en el régimen anual de enero a julio el caudal es muy cercano al caudal base, así como en el mes de mayo en el régimen mensual, por lo cual, en estos periodos se requiere de mayor atención para garantizar el caudal ecológico (CONAGUA, 2016).

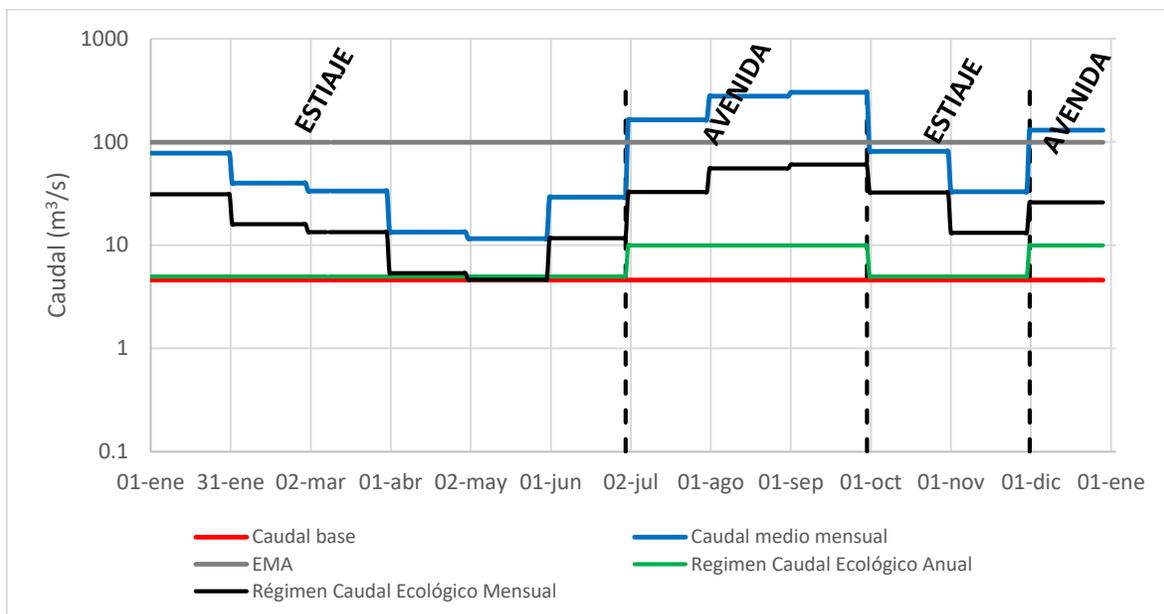


Figura 13. Hidrograma de caudal ecológico para la estación 10018 - Puente Sud Pacifico.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

4.3.1.3. Apéndice Normativo D

- a. Determinar el objetivo ambiental para la cuenca.

Los sitios en estudio corresponden con las características de las corrientes presentadas en la Tabla 16 para las estaciones 11014 – Acaponeta y 10018- Puente Sud Pacifico, por lo tanto, los objetivos ambientales seleccionados son “A – Muy Bueno” y “D – Deficiente”, respectivamente.

- b. Calcular el caudal medio diario promedio mensual (CMM) para todos los meses del año junto con el Caudal Medio Anual (CMA).

Con los resultados de la Tabla 31 es posible saber de cómo se comporta el caudal medio mensual. Para la estación 11014 Acaponeta, presenta un comportamiento típico conforme a los patrones estacionales, sin embargo, en la estación 11018 los caudales mantienen un valor alto y constante a lo largo del año, lo cual demuestra la alteración del régimen en esta corriente (CONAGUA, 2012).

Tabla 31. Caudal medio diario promedio mensual para las estaciones en estudio [m³/s].
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

Mes	11014 Acaponeta (1946-2014)	10018 Puente Sud Pacifico (1924-1992)
Enero	21.65	223.04
Febrero	9.19	200.97
Marzo	5.52	202.32
Abril	2.96	190.07
Mayo	1.70	183.74
Junio	11.35	193.87
Julio	81.15	245.86
Agosto	126.44	285.13
Septiembre	157.98	298.12
Octubre	54.76	186.78
Noviembre	17.68	181.94
Diciembre	10.19	235.72
Promedio (CMA)	41.71	218.96

- c. Según el objetivo ambiental y la naturaleza de la corriente (permanente o intermitente), considerar el intervalo de porcentajes del EMA como valores de referencia para caudal ecológico

Los valores de la Tabla 32 y la Tabla 33 muestran los límites de referencia para definir el caudal ecológico de acuerdo con el objetivo ambiental deseado. Ambas corrientes son del tipo permanente.

Tabla 32. Intervalo de porcentajes del EMA para la estación 11014 Acaponeta [m³/s].
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

Mes	CMM	Deficiente		Moderado		Bueno		Muy Bueno	
		5%	14%	15%	24%	25%	39%	40%	80%
Enero	21.65	1.08	3.03	3.25	5.20	5.41	8.44	8.66	17.32
Febrero	9.19	0.46	1.29	1.38	2.21	2.30	3.58	3.68	7.35
Marzo	5.52	0.28	0.77	0.83	1.32	1.38	2.15	2.21	4.41
Abril	2.96	0.15	0.41	0.44	0.71	0.74	1.15	1.18	2.36
Mayo	1.70	0.08	0.24	0.25	0.41	0.42	0.66	0.68	1.36
Junio	11.35	0.57	1.59	1.70	2.72	2.84	4.43	4.54	9.08
Julio	81.15	4.06	11.36	12.17	19.48	20.29	31.65	32.46	64.92
Agosto	126.44	6.32	17.70	18.97	30.35	31.61	49.31	50.58	101.15
Septiembre	157.98	7.90	22.12	23.70	37.91	39.49	61.61	63.19	126.38
Octubre	54.76	2.74	7.67	8.21	13.14	13.69	21.36	21.90	43.81
Noviembre	17.68	0.88	2.48	2.65	4.24	4.42	6.90	7.07	14.15
Diciembre	10.19	0.51	1.43	1.53	2.45	2.55	3.97	4.08	8.15
Promedio	41.71	2.09	5.84	6.26	10.01	10.43	16.27	16.69	33.37

Tabla 33. Intervalo de porcentajes del EMA para la estación 10018 – Puente Sud Pacífico [m³/s].
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

Mes	CMM	Deficiente		Moderado		Bueno		Muy Bueno	
		5%	14%	15%	24%	25%	39%	40%	80%
Enero	223.04	11.15	31.23	33.46	53.53	55.76	86.99	89.22	178.43
Febrero	200.97	10.05	28.14	30.15	48.23	50.24	78.38	80.39	160.78
Marzo	202.32	10.12	28.32	30.35	48.56	50.58	78.90	80.93	161.86
Abril	190.07	9.50	26.61	28.51	45.62	47.52	74.13	76.03	152.06
Mayo	183.74	9.19	25.72	27.56	44.10	45.93	71.66	73.50	146.99
Junio	193.87	9.69	27.14	29.08	46.53	48.47	75.61	77.55	155.09
Julio	245.86	12.29	34.42	36.88	59.01	61.46	95.88	98.34	196.69
Agosto	285.13	14.26	39.92	42.77	68.43	71.28	111.20	114.05	228.10
Septiembre	298.12	14.91	41.74	44.72	71.55	74.53	116.27	119.25	238.50
Octubre	186.78	9.34	26.15	28.02	44.83	46.70	72.85	74.71	149.43
Noviembre	181.94	9.10	25.47	27.29	43.67	45.49	70.96	72.78	145.55
Diciembre	235.72	11.79	33.00	35.36	56.57	58.93	91.93	94.29	188.57
Promedio	218.96	10.95	30.65	32.84	52.55	54.74	85.40	87.59	175.17

- d. Asignar un porcentaje de reserva dentro del intervalo definido por el objetivo ambiental.

Para asignar el porcentaje de reserva del caudal ecológico en el caso de la estación 11014, se tomó en cuenta que el objetivo ambiental es del tipo A y también que en su desembocadura la corriente llega al sitio Ramsar “Marismas Nacionales”, por lo cual se asignó un 70% del CMM a lo largo del año, lo que resulta en un Caudal Ecológico Medio Anual de 29.2 m³/s que permite preservar las condiciones más favorables. En cuanto a la estación 10018 se asignó un porcentaje igual al 15% del CMM con el objeto de alcanzar el límite inferior del objetivo ambiental moderado, tomando en consideración que el río está regulado por presas de almacenamiento y derivación. Finalmente, se obtuvo un Caudal Ecológico Medio Anual igual a 32.84 m³/s. (CONAGUA, 2012; CONABIO, 2023).

Tabla 34. Porcentaje de reserva ambiental para la estación 11014 – Acaponeta [m^3/s].				
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).				
Mes	11014 – Acaponeta		10018 – Puente Sud Pacífico	
	CMM	Qecol 70%	CMM	Qecol 15%
Enero	21.65	15.15	223.04	33.46
Febrero	9.19	6.43	200.97	30.15
Marzo	5.52	3.86	202.32	30.35
Abril	2.96	2.07	190.07	28.51
Mayo	1.70	1.19	183.74	27.56
Junio	11.35	7.94	193.87	29.08
Julio	81.15	56.80	245.86	36.88
Agosto	126.44	88.51	285.13	42.77
Septiembre	157.98	110.58	298.12	44.72
Octubre	54.76	38.33	186.78	28.02
Noviembre	17.68	12.38	181.94	27.29
Diciembre	10.19	7.13	235.72	35.36
Promedio	41.71	29.20	218.96	32.84

- e. Representar el hidrograma con la propuesta del régimen de caudal ecológico seleccionada.

Las observaciones hechas previamente, se presentan en los hidrogramas de la Figura 14 y la Figura 15 para las estaciones 11014 y 10018 respectivamente. En ellos se aprecia más clara la diferencia entre el régimen alterado y no alterado, esencialmente en los periodos de estiaje y avenidas, puesto que para la estación 10018 (Figura 15) la división entre estos es prácticamente inexistente (CONAGUA, 2012).

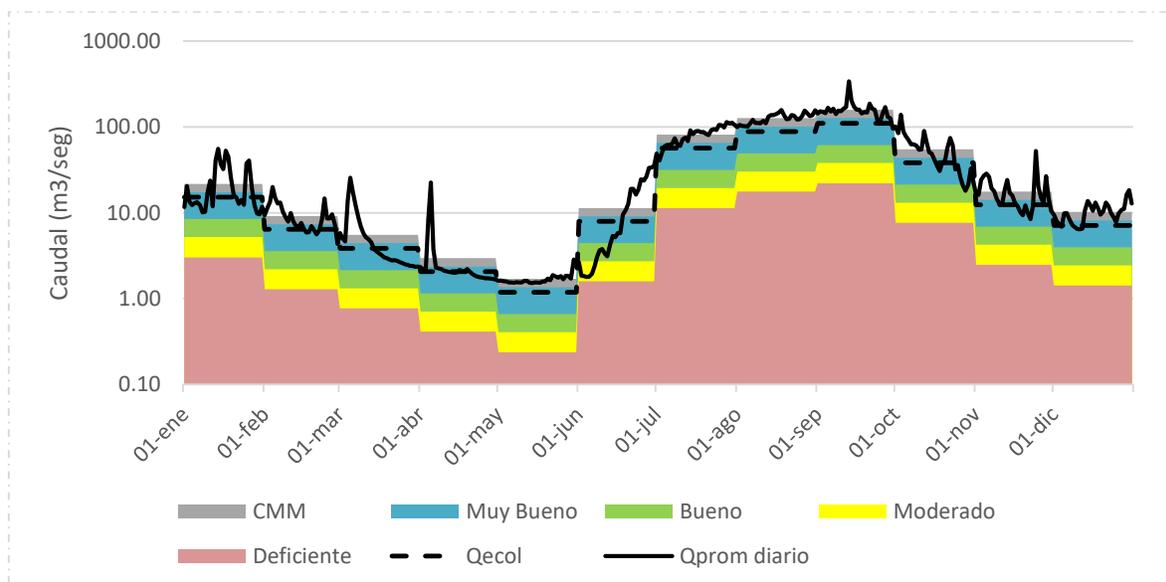


Figura 14. Régimen de caudal ecológico conforme objetivos ambientales y sus valores de referencia para la estación 11014 - Acaponeta.

Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

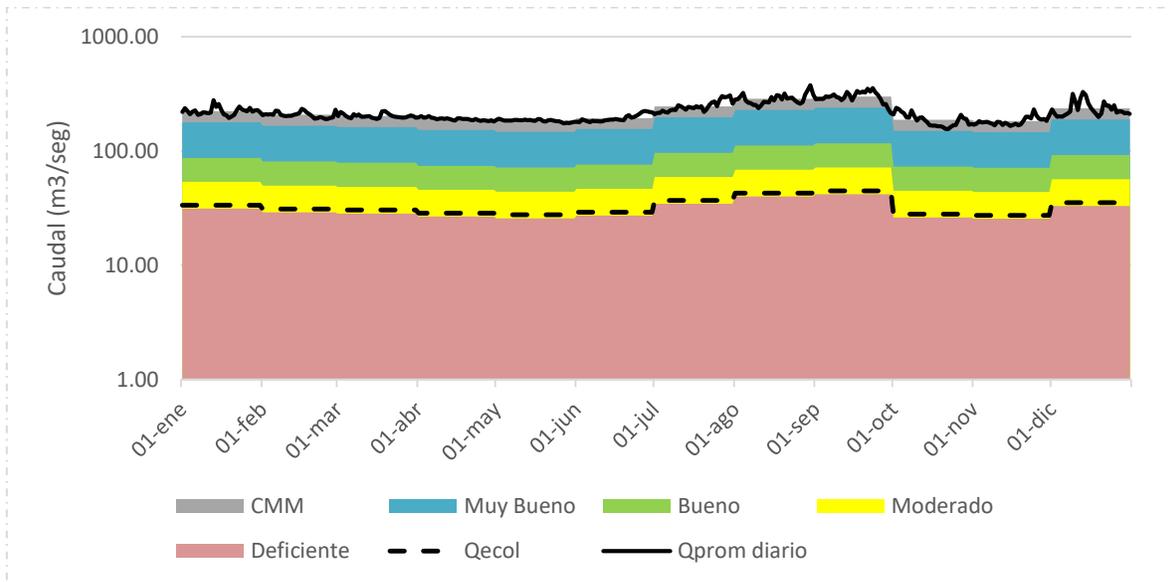


Figura 15. Régimen de caudal ecológico conforme objetivos ambientales y sus valores de referencia para la estación 10018 - Puente Sud Pacífico.

Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

Una vez que se tienen los resultados de la aproximación hidrológica de gran visión, se procede emplear la secuencia de pasos para la aproximación detallada (Salinas-Rodríguez, 2011):

- f. Identificar los lugares donde se realizará el estudio de los caudales ecológicos.

Nuevamente, los sitios en estudio corresponden con las características de las corrientes presentadas en la Tabla 17, estaciones 11014 – Acaponeta y 10018 – Puente Sud Pacífico.

- g. Organizar la serie de caudales medios mensuales en años hidrológicos.

Se utilizaron los registros correspondientes al RHN para cada estación, los cuales se presentan en la Tabla 17 y en la Tabla 19 respectivamente.

- h. Sobre las series mensuales ya ordenadas, calcular los percentiles 0, 10, 25 y 75 para cada mes.

En la Tabla 35 y la Figura 16 se observa el régimen de caudales ordinarios estacionales (húmedo, medio, seco y muy seco) asociado a los percentiles 75, 25, 10 y 0 para la estación 11014 – Acaponeta.

Tabla 35. Regímenes hidrológicos para cada percentil representativo de distintas condiciones hidrológicas: Estación 11014 – Acaponeta.													
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).													
CAUDALES (m3/seg)													
PERCENTIL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TIPO DE AÑO
0	2.0	1.7	1.1	0.9	0.9	1.6	14.8	48.4	56.8	7.4	3.0	2.5	MUY SECO
10	2.6	2.0	1.4	1.3	1.1	1.8	33.4	65.7	77.2	13.7	3.3	3.0	SECO
25	3.0	2.6	1.8	1.5	1.3	3.0	46.9	91.9	98.0	27.4	5.2	3.6	MEDIO
75	18.9	7.5	3.7	2.4	2.0	15.6	102.7	155.9	204.7	64.0	11.8	11.2	HÚMEDO

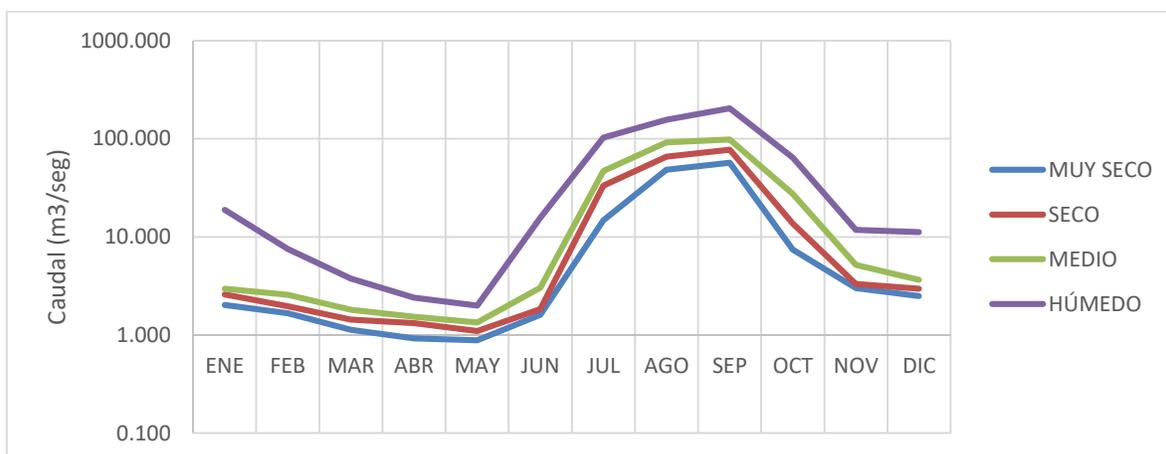


Figura 16. Régimen de caudales ordinarios estacionales para la estación 11014 – Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

De igual manera, en la Tabla 36 y la Figura 17 se observa el régimen de caudales ordinarios estacionales (húmedo, medio, seco y muy seco) asociado a los percentiles 75, 25, 10 y 0 para la estación 10018 – Puente Sud Pacífico.

Tabla 36. Regímenes hidrológicos para cada percentil representativo de distintas condiciones hidrológicas: Estación 10018 – Puente Sud Pacífico.													
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).													
CAUDALES (m3/seg)													
PERCENTIL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TIPO DE AÑO
0	5.1	5.6	3.3	1.6	1.1	1.6	20.8	73.8	29.2	8.7	8.1	6.3	MUY SECO
10	10.3	6.4	3.6	2.2	1.5	3.2	51.4	90.3	44.1	26.5	11.9	10.5	SECO
25	12.2	11.0	6.9	3.3	2.3	8.9	64.2	156.3	123.7	29.6	14.7	18.9	MEDIO
75	86.6	32.7	38.0	25.7	20.6	40.5	204.4	390.5	471.1	95.9	37.2	186.8	HÚMEDO

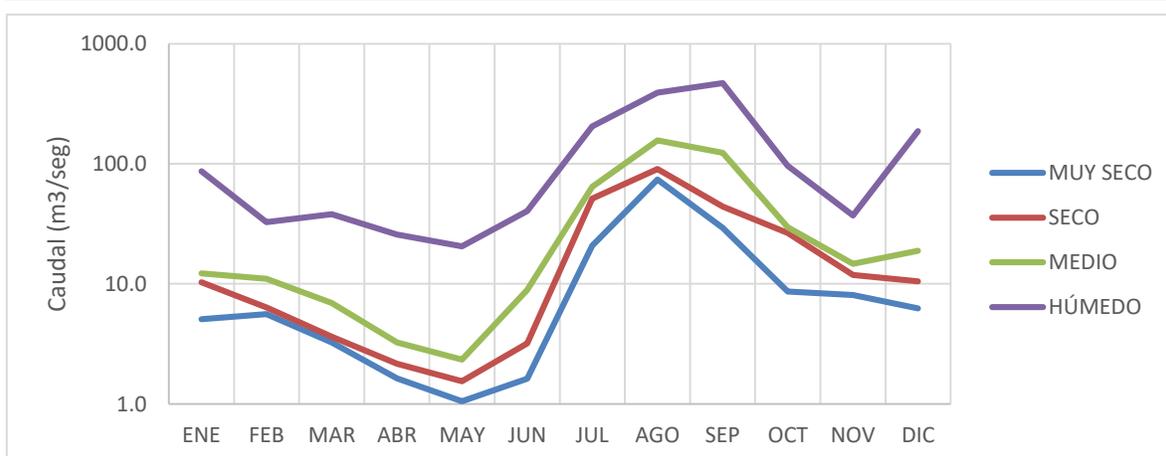


Figura 17. Régimen de caudales ordinarios estacionales para la estación 10018 Puente Sud Pacífico.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

- i. Identificar las frecuencias de ocurrencia de los regímenes de caudales ordinarios estacionales

De acuerdo con la información de la Tabla 17, para las estaciones 11014 – Acaponeta y 10018- Puente Sud Pacífico, los objetivos ambientales seleccionados son “A – Muy Bueno” y “D – Deficiente”. Por lo tanto, usando la Tabla 3, las frecuencias de ocurrencia (f_{coe}) se eligen conforme a dichos objetivos (Tabla 37).

Tabla 37. Frecuencias de ocurrencia para las estaciones 11014 – Acaponeta y 10018 – Puente Sud Pacífico.					
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).					
Estación hidrométrica	Objetivo Ambiental	Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})			
		MUY SECO	SECO	MEDIO	HÚMEDO
11014 Acaponeta	A	0.20	0.30	0.40	0.10
10018 Puente Sud Pacífico	D	1.00	0.00	0.00	0.00

- j. Determinar el volumen anual a reservar con finalidad ambiental.

Aplicando el procedimiento descrito en la Norma, para la estación 11014 se obtuvo un volumen a reservar igual a 686.3 Hm³ lo que representa el 53.85% del EMA histórico. Por otro lado, para la estación 10018 el volumen resultó igual a 427.8 Hm³, pero el porcentaje es mucho menor en comparación con el Río Acaponeta ya que únicamente representa 13.9% del EMA (Tabla 38 y Tabla 39).

Tabla 38. Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 11014 – Acaponeta.									
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).									
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS		
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}		
UNIDAD	m ³ /s	Hm ³ /mes	m ³ /s	Hm ³ /mes	m ³ /s	Hm ³ /mes	m ³ /s	Hm ³ /mes	
ENERO	2.0	5.2	2.6	6.7	3.0	7.7	18.9	48.9	
FEBRERO	1.7	4.3	2.0	5.1	2.6	6.6	7.5	19.5	
MARZO	1.1	2.9	1.4	3.7	1.8	4.7	3.7	9.7	
ABRIL	0.9	2.4	1.3	3.4	1.5	4.0	2.4	6.2	
MAYO	0.9	2.3	1.1	2.9	1.3	3.5	2.0	5.2	
JUNIO	1.6	4.2	1.8	4.8	3.0	7.9	15.6	40.5	
JULIO	14.8	38.3	33.4	86.5	46.9	121.7	102.7	266.2	
AGOSTO	48.4	125.4	65.7	170.2	91.9	238.2	155.9	404.0	
SEPTIEMBRE	56.8	147.3	77.2	200.2	98.0	254.1	204.7	530.7	
OCTUBRE	7.4	19.3	13.7	35.5	27.4	71.0	64.0	165.8	
NOVIEMBRE	3.0	7.8	3.3	8.6	5.2	13.4	11.8	30.6	
DICIEMBRE	2.5	6.5	3.0	7.7	3.6	9.4	11.2	29.0	
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} – Hm ³ /año) para cada condición	365.89		535.24		742.19		1556.40		
%Esc medio anual	28.71		42.00		58.24		122.12		
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.20		0.30		0.40		0.10		
Volumen para efecto del balance de disponibilidad (V_{fcoe} – Hm ³ /año)	686.27		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)				53.85		

Tabla 39. Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10018 – Puente Sud Pacífico.

Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m ³ /s	Hm ³ /mes						
ENERO	5.1	13.2	10.3	26.8	12.2	31.7	86.6	224.6
FEBRERO	5.6	14.5	6.4	16.5	11.0	28.5	32.7	84.6
MARZO	3.3	8.4	3.6	9.4	6.9	18.0	38.0	98.5
ABRIL	1.6	4.2	2.2	5.6	3.3	8.4	25.7	66.6
MAYO	1.1	2.7	1.5	4.0	2.3	6.1	20.6	53.3
JUNIO	1.6	4.2	3.2	8.3	8.9	23.1	40.5	105.1
JULIO	20.8	53.9	51.4	133.1	64.2	166.4	204.4	529.9
AGOSTO	73.8	191.4	90.3	234.1	156.3	405.2	390.5	1012.2
SEPTIEMBRE	29.2	75.7	44.1	114.3	123.7	320.6	471.1	1221.0
OCTUBRE	8.7	22.4	26.5	68.8	29.6	76.7	95.9	248.5
NOVIEMBRE	8.1	20.9	11.9	30.8	14.7	38.1	37.2	96.5
DICIEMBRE	6.3	16.2	10.5	27.3	18.9	49.0	186.8	484.2
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} – Hm ³ /año) para cada condición	427.80		678.88		1171.77		4225.06	
%Esc medio anual	13.89		22.04		38.03		137.14	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	1.00		0.00		0.00		0.00	

Volumen para efecto del balance de disponibilidad (V_{coe} – Hm ³ /año)	427.80	Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)	13.89
---	--------	--	-------

k. Identificar los caudales máximos diarios.

Los caudales máximos diarios para cada año de la estación 11014, se identificaron con el uso de una hoja de cálculo, resultando los valores registrados en la Tabla 40 y la Figura 18. Se consideró toda la serie (1946 – 2014) debido a que se trata de una cuenca no alterada.

Tabla 40. Caudales máximos diarios anuales para la estación 11014 – Acaponeta.

Fuente: (CONAGUA, 2016).

AÑO	Q (m ³ /s)	AÑO	Q (m ³ /s)	AÑO	Q (m ³ /s)
1946	612.60	1969	2,253.63	1992	2,299.97
1947	543.69	1970	900.58	1993	4,827.73
1948	1,127.92	1971	456.27	1994	780.54
1949	224.02	1972	3,092.49	1995	1,408.02
1950	408.58	1973	1,310.32	1996	523.92
1951	789.79	1974	381.66	1997	515.46
1952	523.83	1975	851.67	1998	349.94
1953	982.69	1976	1,147.58	1999	472.24
1954	488.96	1977	404.20	2000	974.32
1955	930.25	1978	620.96	2001	346.42
1956	923.44	1979	911.38	2002	389.92
1957	1,690.04	1980	339.86	2003	828.97
1958	846.38	1981	877.94	2004	828.64
1959	416.71	1982	877.94	2005	695.51
1960	235.29	1983	726.30	2006	1,219.56
1961	476.00	1984	1,198.54	2007	418.81
1962	361.96	1985	2,798.50	2008	964.78
1963	1,632.38	1986	2,351.82	2009	452.50
1964	938.60	1987	231.61	2010	1,824.37
1965	2,713.50	1988	1,048.35	2011	400.78
1966	692.37	1989	599.69	2012	277.16
1967	968.39	1990	4,145.56	2013	589.71
1968	8,909.74	1991	434.77	2014	554.19

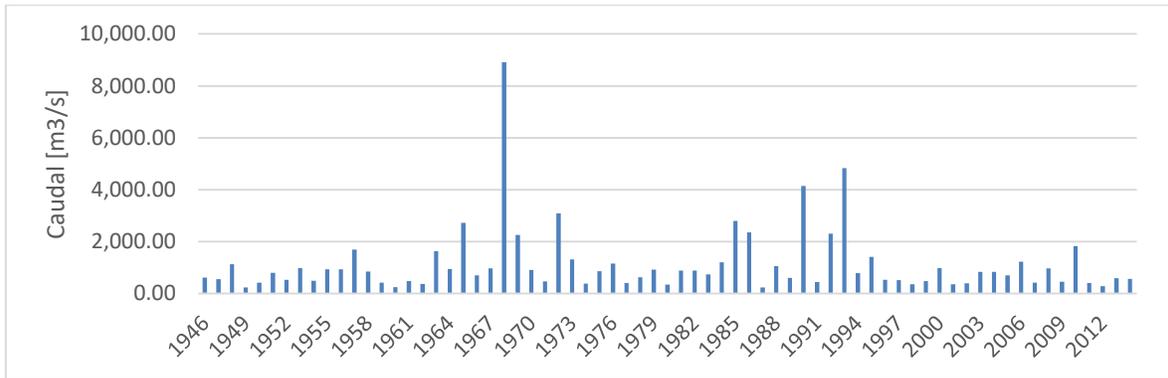


Figura 18. Caudal máximo diario (1946 -2014) para la estación 11014 – Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2016).

De forma similar, los caudales máximos diarios para la estación 10019 se muestran en la Tabla 41 y la Figura 19. Aquí se consideró únicamente la serie del RHN (1924–1958) debido a que se trata de una cuenca alterada.

Tabla 41. Caudales máximos diarios anuales para la estación 10018 – Puentes Sud Pacífico.
Fuente: (CONAGUA, 2016).

AÑO	Q (m³/s)	AÑO	Q (m³/s)	AÑO	Q (m³/s)
1924	3,137.87	1936	1,215.34	1948	784.92
1925	2,097.77	1937	1,947.37	1949	2,341.17
1926	3,130.25	1938	2,212.94	1950	4,052.69
1927	2,847.88	1939	3,535.18	1951	326.66
1928	1,054.13	1940	1,966.25	1952	393.20
1929	904.50	1941	2,932.25	1953	3,067.25
1930	3,107.75	1942	1,426.79	1954	758.26
1931	1,214.50	1943	5,572.73	1955	2,307.00
1932	4,496.50	1944	3,132.52	1956	355.50
1933	1,368.75	1945	2,739.92	1957	372.55
1934	1,663.31	1946	696.15	1958	3,896.98
1935	2,637.94	1947	770.25		

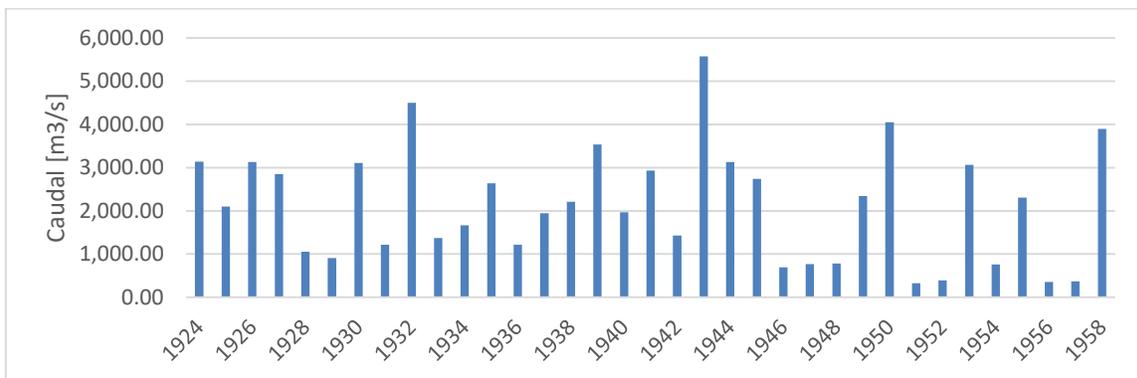


Figura 19. Caudal máximo diario (1946 -2014) para la estación 10018 – Puente Sud Pacífico.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2016).

i. Calcular y categorizar las avenidas tipo con un periodo de retorno de 1, 1.5 y 5 años,

Para hacer el análisis de frecuencias sobre la serie de caudales máximos diarios, se utilizaron las funciones de distribución de probabilidad: Exponencial, Gamma (2 parámetros), Gumbel (1 y 2 parámetros), Log-Normal, Nash y Normal. El cálculo se hizo con ayuda de distintos software: EasyFit, Cumfreq y ANAFRES (CONAGUA, 2012).

Del promedio de los valores calculados con las distribuciones, se seleccionó un valor umbral que distinguirá las categorías de las avenidas. Tal como se muestra en la Tabla 42 y la Figura 20 en el Río Acajoneta los valores seleccionados fueron 225, 525 y 1,750 m³/s, para los correspondientes periodos de retorno. Mientras que para el Río Culiacán (Tabla 43 y Figura 21) los umbrales se sitúan en 325, 1,425 y 3,250 m³/s (CONAGUA, 2016).

Tabla 42. Análisis de frecuencias caudales máximos diarios y valor seleccionado para avenidas tipo: Estación 11014 – Acajoneta [m³/s].
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016)

m ³ /s	HISTÓRICOS	DISTRIBUCION ESTADISTICA							PROMEDIO	VALOR SELECCIONADO	
		Exponencial	Gamma2p	Gumbel1p	Gumbel2p	LogNormal	Nash	Normal			
PERIODO DE RETORNO	1.0	224.0			354.4	185.6			221.3	225.0	
	1.5	523.9	470.6	379.0	468.8	691.6	593.0	546.3	600.1	534.0	525.0
	2.0	789.8	776.9	692.1	908.0	817.5	801.0	947.4	1,120.9	840.6	
	5.0	1,310.3	1,804.0	1,821.8	2,053.4	1,525.7	1,503.3	1,993.4	2,211.1	1,741.8	1,750.0
	10.0	2,351.8	2,581.0	2,729.6	2,811.8	3,559.3	2,089.9	2,686.0	2,781.5	2,657.9	
	20.0	3,092.5	3,357.9	3,673.8	3,539.2	4,902.3	2,743.0	3,350.3	3,252.4	3,508.7	

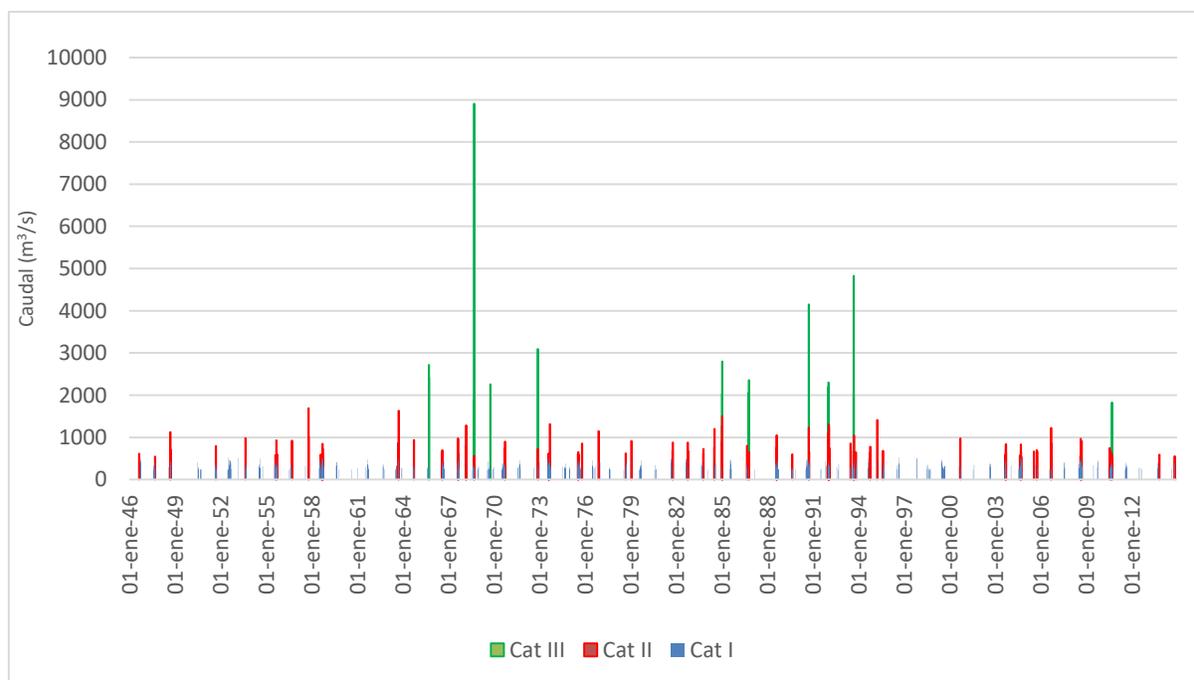


Figura 20. Caudales máximos diarios (1946-2014) para cada avenida tipo en la estación 11014 – Acajoneta.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

Tabla 43. Análisis de frecuencias caudales máximos diarios y valor seleccionado para avenidas tipo: Estación 10018 – Puente Sud Pacífico [m³/s].
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016)

m³/s	HISTÓRICOS	DISTRIBUCION ESTADISTICA							PROMEDIO	VALOR SELECCIONADO	
		Exponencial	Gamma2p	Gumbel1p	Gumbel2p	LogNormal	Nash	Normal			
PERIODO DE RETORNO	1.0	326.7	445.3	227.2		427.1			356.6	325.0	
	1.5	1,215.3	1,334.4	1,398.6	1,439.3	1,764.8	1,194.2	1,407.5	1,565.4	1,406.0	1,425.0
	2.0	2,097.8	1,474.7	1,868.1	1,911.5	2,225.3	1,667.3	1,930.3	2,127.5	1,921.4	
	5.0	3,132.5	3,424.2	3,077.1	3,073.8	3,756.9	3,215.3	3,216.8	3,233.7	3,287.9	3,250.0
	10.0	3,897.0	4,898.9	3,878.3	3,843.3	4,443.1	4,533.7	4,068.6	3,812.6	4,173.9	
	20.0	4,496.5	6,373.6	4,635.9	4,581.4	4,995.1	6,020.8	4,885.7	4,290.4	4,999.1	

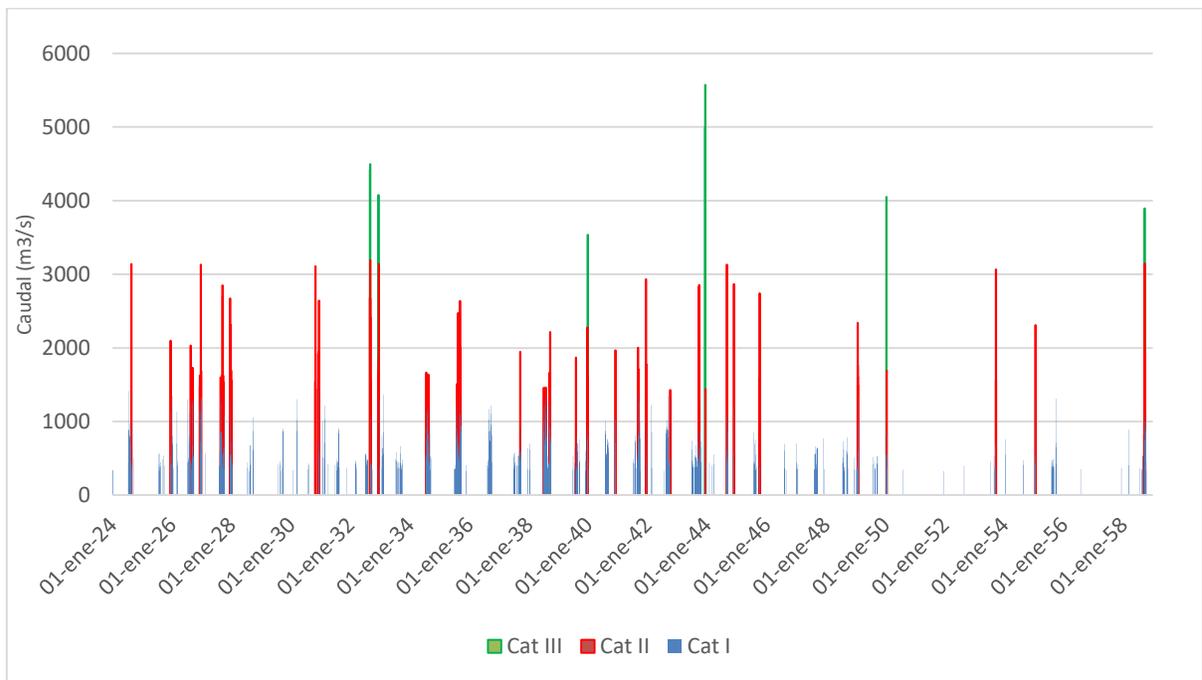


Figura 21. Caudales máximos diarios (1946-2014) para cada avenida tipo en la estación 10018 – Puente Sud Pacífico. Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

m. Caracterizar los patrones de duración de los tres tipos de avenidas.

Para realizar una correcta caracterización de los patrones de duración, momento de ocurrencia y tasa de cambio se utilizó una hoja de cálculo para garantizar que todos los datos disponibles fueran considerados. En el caso de la estación 11014 los resultados de la Tabla 44 muestran el número de eventos ocurridos para cada categoría de acuerdo con los días consecutivos, donde el mayor porcentaje para la categoría 1 lo ocupa la duración de 1 a 3 días y para las categorías 2 y 3 la duración de las avenidas se concentra de 1 a 2 días consecutivos (CONAGUA, 2012).

Tabla 44. Duración para cada categoría de avenida: Estación 11014 – Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

DÍAS CONSECUTIVOS	CATEGORIA I		CATEGORIA II		CATEGORIA III	
	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%
1 día	234.00	58.50	56.00	70.00	4.00	40.00
2 días	81.00	20.25	18.00	22.50	6.00	60.00
3 días	42.00	10.50	4.00	5.00	0.00	0.00
4 días	22.00	5.50	1.00	1.25	0.00	0.00
5 días	9.00	2.25	1.00	1.25	0.00	0.00
6 días	4.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 días	3.00	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00
> 7 días	5.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	400.00	100.00	80.00	100.00	10.00	100.00

En cuanto a la estación 11014 los resultados de la Tabla 45 muestran que también el mayor porcentaje para la categoría 1 lo ocupa la duración de 1 a 3 días; para las categorías 2 de 1 a 2 días consecutivos y para la categoría 3 la duración predominante es de 1 día consecutivo.

Tabla 45. Duración para cada categoría de avenida: Estación 11014 – Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

DÍAS CONSECUTIVOS	CATEGORIA I		CATEGORIA II		CATEGORIA III	
	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%
1 día	105.00	38.75	27.00	57.45	4.00	66.67
2 días	58.00	21.40	10.00	21.28	2.00	33.33
3 días	31.00	11.44	5.00	10.64	0.00	0.00
4 días	19.00	7.01	5.00	10.64	0.00	0.00
5 días	14.00	5.17	0.00	0.00	0.00	0.00
6 días	7.00	2.58	0.00	0.00	0.00	0.00
7 días	8.00	2.95	0.00	0.00	0.00	0.00
> 7 días	29.00	10.70	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	271.00	100.00	47.00	100.00	6.00	100.00

n. Caracterizar los patrones de momento de ocurrencia de los tres tipos de avenidas.

Referente a los patrones de momento de ocurrencia, el indicador de mayor utilidad es donde se agrupan los tres tipos de categorías para cada mes del año. En la Tabla 46 se observa que para el Río Acaponeta los meses con los mayores porcentajes de eventos es el periodo de julio a septiembre.

Tabla 46. Momento de ocurrencia de cada categoría de avenida: Estación 11014 – Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016)

MES	CATEGORÍA I		CATEGORÍA II		CATEGORÍA III		CATEGORÍA I + II +III	
	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%
ENERO	16.00	2.12	10.00	8.85	4.00	25.00	30.00	3.40
FEBRERO	7.00	0.93	2.00	1.77	0.00	0.00	9.00	1.02
MARZO	1.00	0.13	3.00	2.65	0.00	0.00	4.00	0.45
ABRIL	1.00	0.13	1.00	0.88	0.00	0.00	2.00	0.23
MAYO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JUNIO	8.00	1.06	0.00	0.00	0.00	0.00	8.00	0.91
JULIO	109.00	14.48	9.00	7.96	0.00	0.00	118.00	13.38
AGOSTO	223.00	29.61	26.00	23.01	0.00	0.00	249.00	28.23
SEPTIEMBRE	319.00	42.36	39.00	34.51	7.00	43.75	365.00	41.38
OCTUBRE	42.00	5.58	18.00	15.93	4.00	25.00	64.00	7.26
NOVIEMBRE	16.00	2.12	5.00	4.42	1.00	6.25	22.00	2.49
DICIEMBRE	11.00	1.46	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	1.25
TOTAL	753.00	100.00	113.00	100.00	16.00	100.00	882.00	100.00

En la Tabla 47 sucede lo mismo para el Río Culiacán, los meses donde se presentan más avenidas de cualquier tipo son de julio a septiembre.

Tabla 47. Momento de ocurrencia de cada categoría de avenida: Estación 10018 – Puente Sud Pacífico.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016)

MES	CATEGORÍA I		CATEGORÍA II		CATEGORÍA III		CATEGORÍA I + II +III	
	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%	N° de Eventos	%
ENERO	53.00	5.68	6.00	7.32	1.00	12.50	60.00	5.87
FEBRERO	15.00	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	1.47
MARZO	20.00	2.14	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	1.96
ABRIL	1.00	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.10
MAYO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
JUNIO	15.00	1.61	0.00	0.00	0.00	0.00	15.00	1.47
JULIO	158.00	16.93	4.00	4.88	0.00	0.00	162.00	15.84
AGOSTO	293.00	31.40	12.00	14.63	2.00	25.00	307.00	30.01
SEPTIEMBRE	287.00	30.76	29.00	35.37	1.00	12.50	317.00	30.99
OCTUBRE	25.00	2.68	7.00	8.54	0.00	0.00	32.00	3.13
NOVIEMBRE	6.00	0.64	1.00	1.22	0.00	0.00	7.00	0.68
DICIEMBRE	60.00	6.43	23.00	28.05	4.00	50.00	87.00	8.50
TOTAL	933.00	100.00	82.00	100.00	8.00	100.00	1,023.00	100.00

- o. Caracterizar los patrones de tasa de cambio de los tres tipos de avenidas.

La determinación de la tasa de cambio de los caudales se realizó de acuerdo con el procedimiento descrito en el capítulo 2.3.3. Para ello, primero es necesario separar del resto de caudales a todos los valores de caudal calculados en los pasos anteriores de las diferentes categorías de avenidas.

Es decir, se debe generar una nueva serie de caudales que parte de la fecha de inicio de registros históricos de caudales de la estación hidrométrica, sin embargo, los caudales menores al valor umbral de la categoría I, se consideran iguales a cero. Por ejemplo, en el caso de la estación 11014 Acaponeta la serie cuenta con 753 eventos de avenida tipo categoría I, 113 categoría II y 16 categoría III entre los cuales. Una vez identificada esta serie, se procede a calcular la tasa de cambio entre cada uno de estos caudales (CONAGUA, 2012).

Al tomar en cuenta los datos de la estación 11014, el primer cambio entre caudales de avenidas ocurre en los registros de los días 27 y 28 de agosto del 1946 donde se tienen caudales de 612.6 y 239.5 m³/s respectivamente, al calcular la tasa de cambio entre ellos se obtiene:

$$Tc = -\frac{612.6 - 239.5}{612.6} * 100 = -60.9 \%$$

Este mismo procedimiento se aplica para el resto de los valores de avenidas que se tengan registradas. Los resultados para las estaciones 11014 y 10018 se observan en la Figura 22 y la Figura 23.



Figura 22. Patrón de tasa de cambio para las avenidas de la estación 11014 Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

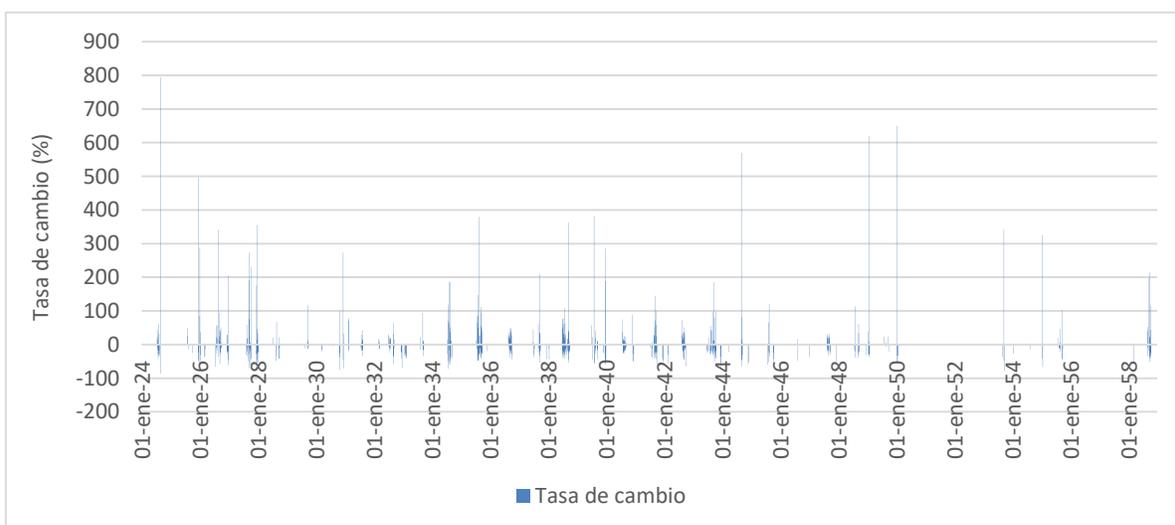


Figura 23. Patrón de tasa de cambio para las avenidas de la estación 10018 Puente Sud Pacifico.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

p. Adopción de una propuesta de régimen de avenidas

Los criterios considerados para adoptar el régimen de avenidas fueron los siguientes (CONAGUA, 2012):

La magnitud representativa de los tres tipos de avenidas es aquella que ha servido para identificarlas, es decir, para la estación 11014 – Acaponeta, la avenida categoría I se sitúa en un valor de unos 225 m³/s, la avenida de categoría II son 525 m³/s, y 1,750 m³/s la avenida de categoría III. Mientras que para la estación 10018 – Puente Sud Pacífico se sitúan en 325, 1,425 y 3,250 m³/s, respectivamente.

Para adoptar una duración representativa de cada tipo de avenida, se han agrupado los eventos que suman aproximadamente el 75% de los casos. En la estación 11014, coincide que para todas las categorías la duración se encuentra entre 1- 2 días consecutivos y se superan el 78% de los eventos. En la estación 10018, entre 1-4 días se presenta el 78.6% de las avenidas categoría I, para la categoría II, entre 1-2 días se presenta el 92.5% de los casos, al igual que en la categoría III donde se agrupa la totalidad de los casos.

Para el momento de ocurrencia representativo de las avenidas, en este ejemplo se agruparon los meses que sumaban aproximadamente el 80% de los días en los que tuvieron lugar los tres tipos de categoría en conjunto durante el año. Para ambos casos el periodo que cumple con el porcentaje es el que va del mes de julio al mes de septiembre.

Para adoptar una tasa de cambio representativa de los eventos de avenida, se selecciona para los incrementos positivos el percentil 90 (tasa de ascenso sólo superada en el 10% de las ocasiones) y para los incrementos negativos el percentil 10 (que al ser negativo también implica que la tasa de descenso sólo es superada en el 10% de las ocasiones). En el río Acaponeta, la tasa de ascenso en las avenidas se sitúa aproximadamente en el 110 %, mientras que la tasa de descenso de las avenidas se sitúa en torno al 60 %. Mientras que para el Río Culiacán las tasas se encuentran en 120% y 50% respectivamente.

q. Calcular el volumen total del régimen de avenidas.

Se integraron las consideraciones hechas previamente y se aplica el procedimiento descrito en la Norma. Los resúmenes para cada estación se pueden ver en la Tabla 48 y la Tabla 49 con un volumen total de 192.7 y 103.3 Hm³/año respectivamente.

Tabla 48. Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 11014 – Acaponeta.				
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m ³ /s)	225.00	525.00	1,750.00
	Va (Hm ³ /día)	19.44	45.36	151.2
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		10	6	2
Duración (número de días - Da)		2	2	2
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	110		
	Descenso	60		
V _{Ra} a 10 años		388.8	544.32	604.8
V _{tRa} a 10 años (Hm ³)		1537.92		
V_{tRa} al año (Hm³)		153.792		

Tabla 49. Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10018 – Puente Sud Pacífico.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m ³ /s)	325.00	1,425.00	3,250.00
	Va (Hm ³ /día)	28.08	123.12	280.8
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		2	1	1
Duración (número de días - Da)		4	2	2
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	120		
	Descenso	50		
V _{Ra} a 10 años		224.64	246.24	561.6
V _{tRa} a 10 años (Hm ³)		1032.48		
V_{tRa} al año (Hm³)		103.248		

r. Calcular el volumen final de reserva

Finalmente, se integraron los volúmenes calculados y se obtuvo un volumen final de reserva. Tal como se indica en la Tabla 50, en el Río Acaponeta se requiere una reserva de 840 Hm³ al año lo cual, se traduce en un caudal ecológico medio diario anual de 27.0 m³/s. Por otro lado, en la corriente del Río Culiacán resulta un volumen de 531.04 Hm³ equivalente a un caudal ecológico medio diario anual de 17.1 m³/s.

Tabla 50. Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca para las estaciones en estudio.
Fuente: Elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

Estación	11014 - Acaponeta		10018 – Puente Sud Pacífico	
Volumen total caudales ordinarios estacionales (V _{tcoe})	686.27	Hm ³ /año	427.8	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas (V _{tRa})	153.792	Hm ³ /año	103.248	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V _{ir}) = V _{tcoe} + V _{tRa}	840.06	Hm ³ /año	531.04	Hm ³ /año
	65.91	% del EMA	17.24	% del EMA

4.3.2. Métodos de flujo mínimo

4.3.2.1. Q₉₀ (USGS)

a. Ordenar la serie de caudales medios diarios de mayor a menor

Para iniciar con el cálculo del flujo mínimo es necesario hacer uso de diferentes percentiles, para lo cual, se requiere que la totalidad de los registros de caudal medio diario disponibles se ordenen de mayor a menor. Debido a que la serie de datos diarios para cada estación es de gran extensión, se omite la inclusión de una tabla con los mismos. Sin embargo, la Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21 se derivan de estos datos (Escalante y Reyes, 2004).

b. Calcular los percentiles asociados a los parámetros de flujo

Aplicando los criterios de la Tabla 5 sobre la serie de caudales medio diarios, se obtienen los parámetros de flujo recomendados por el USGS para ambas estaciones, obteniendo los resultados de la Tabla 51.

Tabla 51. Parámetros de flujo USGS para las estaciones en estudio.
Fuente: (Escalante y Reyes, 2004)

Gasto	11014 – Acaponeta	10018 – Puente Sud Pacífico
	Q (m ³ /s)	Q (m ³ /s)
Q10	121.66	488.38
Q50	5.43	216.68
Q90	1.41	6.47
Q95	1.19	3.26

4.3.2.2. 7Q10 (EPA)

- a. Ordenar la serie de caudales medios diarios en años naturales.

Al igual que para los datos ordenados de mayor a menor, la serie de caudales diarios ordenada en años naturales se omite debido a la extensión de los registros. Sin embargo, para la estación 11014, la serie se compone por los caudales desde el 01 de enero de 1946 hasta el 31 de diciembre de 2014 y para la estación 10018 va del 01 de enero de 1924 hasta 31 de diciembre de 1992.

- b. Calcular el caudal medio mensual (CMM) y anual (CMA) para todos los meses del año.

Este paso es idéntico al utilizado para la metodología hidrológica detallada en el apartado 4.3.1.3 (Tabla 31).

- c. Determinar el gasto medio más probable de ocurrir

Como una primera aproximación al flujo mínimo, se hace un proceso de discretización sobre la serie histórica de caudales medios diarios para cada estación, siguiendo las pautas establecidas por Escalante y Reyes (2004):

En la Tabla 52, se observan los resultados del proceso de discretización. De inicio se elaboran 13 grupos iguales que van desde cero hasta el valor del CMA que, en este caso, es igual 41.7 y 219.0 m³/s respectivamente. De lo anterior, se identifica el intervalo de caudal con mayor número de eventos: para la estación 11014 sucede en el rango de 0.0 – 3.2 m³/s y para la 10018 pasa en el rango de 0.0 - 16.8 m³/s.

Posteriormente se hace una segunda discretización, que inicia desde cero hasta el límite superior del intervalo de caudal identificado previamente. Se forman 11 grupos iguales y se identifica un nuevo intervalo con mayor número de eventos: para la estación 11014 le corresponde el intervalo de 1.21 – 1.5 m³/s mientras que para la estación 10018 resulta ser el de 3.21 – 4.8 m³/s.

Los caudales mínimos recomendados corresponden con el límite superior del intervalo de caudal con mayor ocurrencia histórica, es decir, para el Río Acaponeta se recomienda un caudal mínimo de 1.5 m³/s y para el Río Culiacán de 4.8 m³/s.

Tabla 52. Caudal de mayor ocurrencia histórica para las estaciones 11014 - Acaponeta y 10018 – Puente Sud Pacífico.
Fuente: Elaboración propia basado en Escalante y Reyes (2004).

Discretización No. 1								
Percentil	11014 - Acaponeta				10018 – Puente Sud Pacífico			
	Rango Q (m ³ /s)		Nº de Eventos	% del periodo	Rango Q (m ³ /s)		Nº de Eventos	% del periodo
1	0.0	3.2	9227	36.6	0.0	16.8	5261	20.9
2	3.21	6.4	4225	16.8	16.85	33.7	2503	9.9
3	6.41	9.6	1560	6.2	33.69	50.5	1130	4.5
4	9.61	12.8	809	3.2	50.53	67.4	548	2.2
5	12.81	16.0	582	2.3	67.37	84.2	370	1.5
6	16.01	19.2	423	1.7	84.21	101.0	269	1.1
7	19.21	22.4	350	1.4	101.05	117.9	255	1.0
8	22.41	25.6	366	1.5	117.89	134.7	229	0.9
9	25.61	28.8	294	1.2	134.73	151.6	236	0.9
10	28.81	32.0	278	1.1	151.57	168.4	257	1.0
11	32.01	35.2	283	1.1	168.41	185.2	309	1.2
12	35.21	38.4	251	1.0	185.25	202.1	329	1.3
13	38.41	41.7	239	0.9	202.09	219.0	395	1.6
	suma		18,887.0	74.9	suma		12,091.0	48.0

Discretización No. 2								
Percentil	11014 - Acaponeta				10018 – Puente Sud Pacífico			
	Rango Q (m ³ /s)		Nº de Eventos	% del periodo	Rango Q (m ³ /s)		Nº de Eventos	% del periodo
1	0.00	0.00	11	0.0	0.000	0.000	0	0.0
2	0.01	0.30	4	0.0	0.010	1.600	298	1.2
3	0.31	0.60	5	0.0	1.610	3.200	776	3.1
4	0.61	0.90	353	1.4	3.210	4.800	917	3.6
5	0.91	1.20	947	3.8	4.810	6.400	409	1.6
6	1.21	1.50	1848	7.3	6.410	8.000	550	2.2
7	1.51	1.80	1587	6.3	8.010	9.600	386	1.5
8	1.81	2.10	1245	4.9	9.610	11.200	646	2.6
9	2.11	2.40	968	3.8	11.210	12.800	465	1.8
10	2.41	2.70	969	3.8	12.810	14.400	254	1.0
11	2.71	3.20	1290	5.1	14.410	16.840	560	2.2
			9,227.0	36.6			5,261.0	20.9

- d. Determinar los gastos mínimos anuales promedio de 7 días consecutivos (7Q) para el periodo en estudio.

Haciendo uso de una hoja de cálculo se determinó un promedio móvil de 7 días para cada año de registro en las estaciones y así seleccionar el valor mínimo de ellos. En la Tabla 53 se muestran los resultados para cada año en las estaciones correspondientes.

Tabla 53. Gastos mínimos anuales promedio de 7 días consecutivos (7Q) para las estaciones en estudio.

Fuente: Elaboración propia basado en Escalante y Reyes (2004).

11014 - Acaponeta						10018 – Puente Sud Pacífico					
Año	7Q [m ³ /s]	Año	7Q [m ³ /s]	Año	7Q [m ³ /s]	Año	7Q [m ³ /s]	Año	7Q [m ³ /s]	Año	7Q [m ³ /s]
1946	1.8	1969	1.2	1992	2.3	1924	2.3	1947	4.2	1970	200.9
1947	1.5	1970	1.5	1993	1.3	1925	0.0	1948	4.2	1971	165.2
1948	2.6	1971	1.3	1994	2.2	1926	1.4	1949	16.3	1972	206.1
1949	1.6	1972	1.1	1995	0.0	1927	2.3	1950	26.4	1973	211.3
1950	1.6	1973	2.0	1996	0.0	1928	2.3	1951	10.4	1974	208.2
1951	1.3	1974	1.1	1997	3.0	1929	2.3	1952	7.7	1975	162.9
1952	1.0	1975	1.4	1998	0.9	1930	2.3	1953	1.3	1976	329.7
1953	1.2	1976	1.0	1999	1.0	1931	2.3	1954	16.3	1977	258.2
1954	0.8	1977	2.0	2000	0.8	1932	2.3	1955	13.8	1978	252.7
1955	1.2	1978	1.1	2001	1.1	1933	2.9	1956	18.9	1979	180.6
1956	1.5	1979	1.5	2002	0.9	1934	1.5	1957	6.6	1980	188.7
1957	1.2	1980	1.3	2003	0.9	1935	0.8	1958	7.2	1981	82.7
1958	1.5	1981	1.4	2004	1.1	1936	1.2	1959	0.0	1982	217.7
1959	1.2	1982	1.4	2005	1.2	1937	1.0	1960	0.0	1983	233.0
1960	1.4	1983	1.5	2006	0.9	1938	1.6	1961	0.0	1984	197.9
1961	1.0	1984	1.3	2007	0.8	1939	1.3	1962	159.7	1985	202.4
1962	0.9	1985	1.8	2008	0.9	1940	2.5	1963	220.8	1986	245.2
1963	0.8	1986	1.1	2009	1.1	1941	1.5	1964	299.8	1987	263.0
1964	0.9	1987	1.4	2010	1.4	1942	1.2	1965	302.8	1988	255.3
1965	1.0	1988	1.1	2011	0.6	1943	1.2	1966	170.8	1989	261.8
1966	1.7	1989	0.8	2012	0.7	1944	5.0	1967	173.5	1990	240.9
1967	1.3	1990	1.1	2013	0.7	1945	0.9	1968	62.8	1991	361.9
1968	1.5	1991	1.0	2014	0.8	1946	0.9	1969	201.0	1992	303.8

e. Realizar el análisis de frecuencias de eventos mínimos extremos.

Al igual que en la metodología hidrológica detallada, el cálculo se hizo con ayuda de distintos softwares: EasyFit, RMC-BestFit y ANAFRES. Sin embargo, al tratarse de un análisis de frecuencias sobre eventos mínimos, se ocuparon las siguientes FDP: Gamma, General de Valores Extremos (GVE), Gumbel, Pearson, Log-Normal, Normal y Weibull (Escalante y Reyes, 2004).

En la Tabla 54 y la Tabla 55 se muestran los resultados del análisis de frecuencias para ambas estaciones junto con las pruebas de bondad de ajuste. La selección del caudal corresponde a aquella FDP con mejor ajuste a los valores de la muestra.

Para la estación 11014, corresponde a la FDP Pearson 6, que para un periodo de retorno de 10 años resulta un caudal mínimo recomendado $7Q_{10} = 0.81 \text{ m}^3/\text{s}$, en cambio, para la estación 10018 la FDP Weibull, de la que se obtiene un $7Q_{10} = 0.36 \text{ [m}^3/\text{s]}$.

Tabla 54. Gastos mínimos anuales para duraciones de 7 días consecutivos (7Q en m³/s) y diferentes periodos de retorno en la estación 11014 – Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basado en Escalante y Reyes (2004).

Periodo de retorno T (años)	Muestra	FDP										PROMEDIO
		Gamma (2p)	Gamma (3p)	GVE	Gumbel Max (2p)	Gumbel Min (2p)	Pearson 6	LogNormal	Normal	Weibull	Weibull (3p)	
2	1.20	1.17	1.23	1.18	1.16	1.32	1.18	1.21	1.24	1.21	1.26	1.22
5	0.89	0.82	0.92	0.84	0.84	0.89	0.92	0.93	0.83	0.86	0.85	0.87
10	0.80	0.67	0.79	0.70	0.70	0.60	0.81	0.80	0.61	0.69	0.66	0.70
20	0.61	0.56	0.68	0.59	0.59	0.32	0.73	0.72	0.43	0.56	0.51	0.57
50	0.03	0.45	0.58	0.48	0.49		0.65	0.63	0.23	0.42	0.37	0.48
100		0.38	0.52	0.40	0.43		0.61	0.58	0.09	0.34	0.29	0.40

Tabla 55. Gastos mínimos anuales para duraciones de 7 días consecutivos (7Q en m³/s) y diferentes periodos de retorno en la estación 10018 – Puente Sud Pacífico.
Fuente: Elaboración propia basado en Escalante y Reyes (2004).

Periodo de retorno T (años)	Muestra	FDP										PROMEDIO
		Gamma (2p)	Gamma (3p)	GVE	Gumbel Max (2p)	Gumbel Min (2p)	Pearson 6	LogNormal	Normal	Weibull	Weibull (3p)	
2	1.20	1.17	1.23	1.18	1.16	1.32	1.18	1.21	1.24	1.21	1.26	1.22
5	0.89	0.82	0.92	0.84	0.84	0.89	0.92	0.93	0.83	0.86	0.85	0.87
10	0.80	0.67	0.79	0.70	0.70	0.60	0.81	0.80	0.61	0.69	0.66	0.70
20	0.61	0.56	0.68	0.59	0.59	0.32	0.73	0.72	0.43	0.56	0.51	0.57
50	0.03	0.45	0.58	0.48	0.49		0.65	0.63	0.23	0.42	0.37	0.48
100		0.38	0.52	0.40	0.43		0.61	0.58	0.09	0.34	0.29	0.40

4.4. Método hidráulico

4.4.1. Perímetro mojado

En esta sección se desarrolla el procedimiento para la aplicación de la metodología hidráulica del perímetro mojado. Para ello, primero es necesario identificar y obtener el perfil batimétrico de las secciones transversales asociadas a las estaciones hidrométricas en estudio; en el Mapa 17 y Mapa 18 se pueden observar los resultados obtenidos con el uso de un modelo digital de elevaciones.

Se continúa con la obtención de la pendiente media del fondo del cauce; se calculó con el método geométrico a partir de la información proporcionada por el SIG.

En este caso, se realizó un análisis sobre un tramo de río con una longitud igual a 5,000 m, situando la sección transversal aproximadamente a la mitad del tramo. En las Figura 24 y Figura 25 se pueden observar los perfiles longitudinales de los ríos Acaponeta y Culiacán.

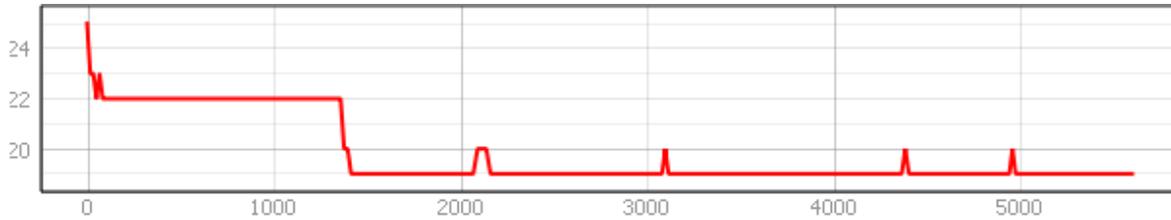


Figura 24. Perfil longitudinal del tramo de río en estudio para la estación 11014 - Acaponeta.
Fuente: (INEGI, 2013)

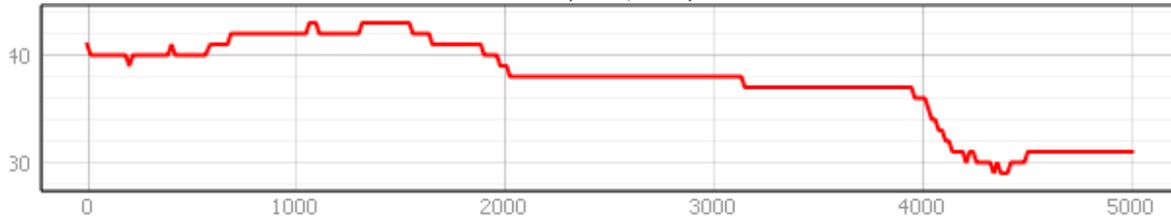


Figura 25. Perfil longitudinal del tramo de río en estudio para la estación 10018 - Puente Sud Pacífico.
Fuente: (INEGI, 2013)

Con dicha información se determinaron las elevaciones extremas de los perfiles del cauce; de esta forma, la pendiente media de los tramos de cauces es:

$$\text{Para el río Acaponeta: } S_{cp} = \frac{\Delta H}{L_{cp}} = \frac{25-19}{5000} = 0.0012$$

$$\text{Para el río Culiacán: } S_{cp} = \frac{\Delta H}{L_{cp}} = \frac{40-31}{5000} = 0.0017$$

De igual manera, tal como se estableció en el capítulo 4.2.2 se seleccionó el coeficiente de rugosidad de Manning (n) más conveniente para las corrientes en análisis, en este caso a partir de sus características comunes se eligió el valor de $n = 0.035$. Con estos datos es posible hacer uso del software de cálculo hidráulico *Hydrocalc2000* siguiendo la secuencia que se presenta a continuación:

- En el menú de datos de entrada para una sección transversal general (*Input*→*General*) se completan los campos que se indican en la Figura 26; se introduce el gasto medio anual para la estación hidrométrica en análisis (*Flow*), después el coeficiente de Manning (*Manning n*) y la pendiente del fondo del cauce (*Bottom slope*), así como los puntos de coordenadas que componen la sección transversal (*Cross Section Data*).

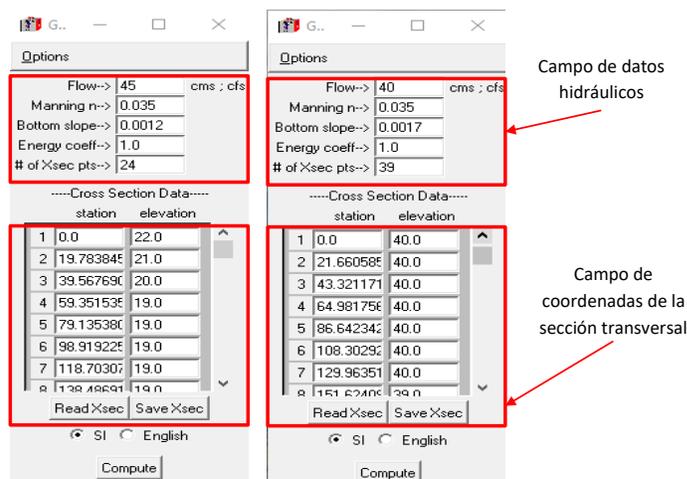


Figura 26. Menú de datos de entrada para las estaciones 11014 (Izq.) y 10018 (Der.) en *Hydrocalc*.
Fuente: (Molls, 2008).

- b) Mediante el software, se genera la curva gasto – elevación, únicamente asignando un rango de gastos y un número de puntos determinados para discretizar la curva.

Para el caso de la aplicación del método del perímetro mojado se recomienda asignar un rango que vaya desde un valor mínimo cercano a cero hasta un valor máximo igual al caudal medio anual de acuerdo con los registros de la estación hidrométrica en análisis (Figura 27 y Figura 28).

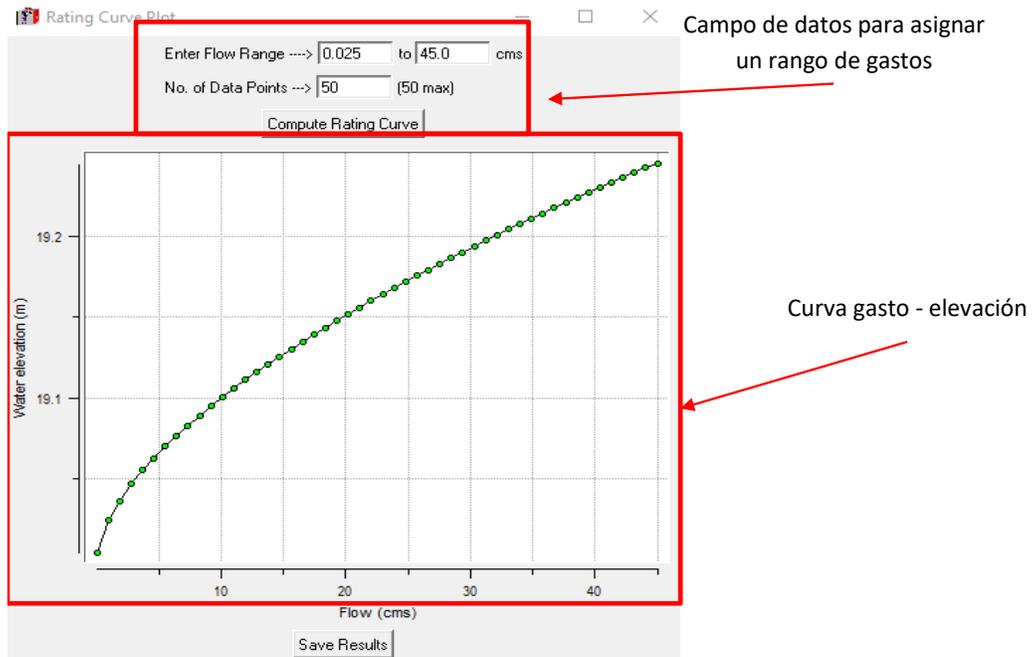


Figura 27. Curva gasto - elevación para la estación 11014 - Acaponeta.
Fuente: (Molls, 2008).

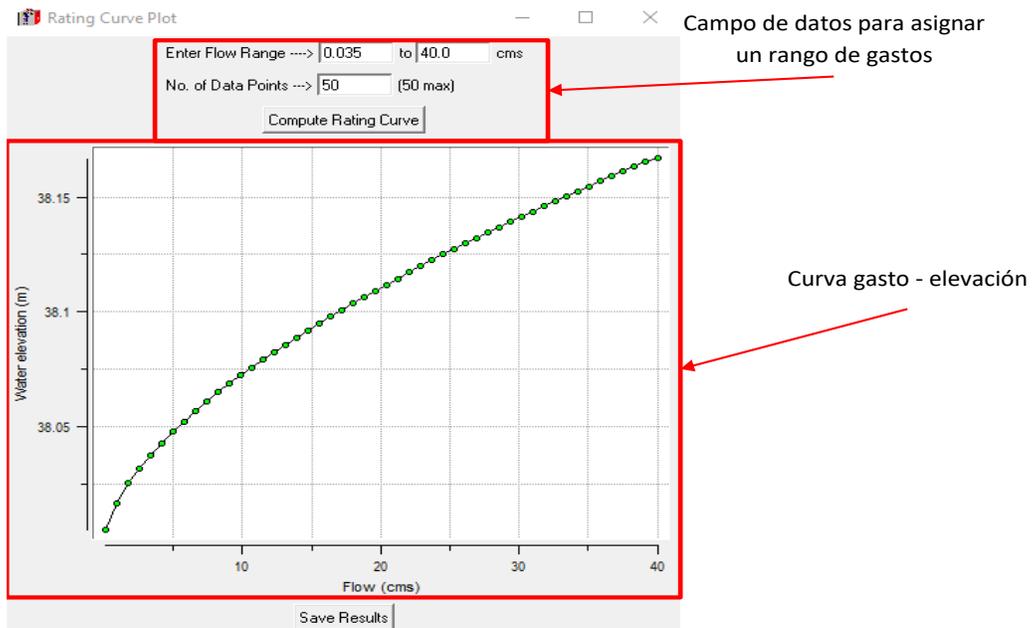


Figura 28. Curva gasto - elevación para la estación 10018 - Puente Sud Pacífico.
Fuente: (Molls, 2008).

c) Se guardan los resultados de los parámetros hidráulicos obtenidos en el paso anterior (Tabla 56).

Tabla 56. Parámetros hidráulicos para las estaciones hidrométricas en análisis.							
Fuente: (CDFW, 2020; Molls, 2008)							
11014 - Acaponeta				10018 - Puente Sud Pacífico			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	19.005	0.055	335.636	0.035	38.005	0.074	475
0.943	19.025	0.124	335.89	0.851	38.017	0.114	475.5
1.861	19.036	0.155	336.211	1.666	38.026	0.156	476
2.779	19.047	0.19	336.643	2.482	38.032	0.174	476.4
3.696	19.055	0.208	336.932	3.297	38.038	0.191	476.9
4.614	19.063	0.224	337.206	4.113	38.043	0.206	477.4
5.532	19.07	0.239	337.767	4.929	38.048	0.22	478
6.45	19.077	0.252	338.216	5.744	38.052	0.233	478.7
7.368	19.083	0.265	338.655	6.56	38.057	0.244	479
8.286	19.089	0.277	338.986	7.376	38.061	0.268	479.389
9.204	19.095	0.288	339.518	8.191	38.065	0.277	479.532
10.121	19.1	0.299	340.022	9.007	38.069	0.286	479.672
11.039	19.106	0.309	340.53	9.822	38.072	0.294	479.809
11.957	19.111	0.328	340.922	10.638	38.076	0.302	479.944
12.875	19.116	0.336	341.098	11.454	38.079	0.31	480.077
13.793	19.121	0.344	341.271	12.269	38.082	0.317	480.208
14.711	19.126	0.352	341.442	13.085	38.086	0.325	480.336
15.629	19.13	0.36	341.61	13.9	38.089	0.332	480.463
16.546	19.135	0.367	341.775	14.716	38.092	0.339	480.587
17.464	19.139	0.375	341.939	15.532	38.095	0.346	480.71
18.382	19.144	0.382	342.099	16.347	38.098	0.352	480.831
19.3	19.148	0.388	342.258	17.163	38.101	0.359	480.95
20.218	19.152	0.395	342.415	17.978	38.104	0.365	481.068
21.136	19.156	0.402	342.569	18.794	38.106	0.371	481.184
22.054	19.16	0.408	342.721	19.61	38.109	0.377	481.298
22.971	19.164	0.415	342.872	20.425	38.112	0.383	481.411
23.889	19.168	0.421	343.021	21.241	38.114	0.389	481.523
24.807	19.172	0.427	343.168	22.057	38.118	0.405	481.837
25.725	19.176	0.433	343.313	22.872	38.12	0.41	481.932
26.643	19.179	0.439	343.456	23.688	38.123	0.414	482.026
27.561	19.183	0.444	343.598	24.503	38.125	0.419	482.12
28.479	19.187	0.45	343.739	25.319	38.127	0.424	482.213
29.396	19.19	0.456	343.878	26.135	38.13	0.428	482.306
30.314	19.194	0.461	344.015	26.95	38.132	0.433	482.399
31.232	19.198	0.474	344.341	27.766	38.135	0.437	482.49
32.15	19.201	0.479	344.462	28.581	38.137	0.442	482.582
33.068	19.204	0.483	344.582	29.397	38.139	0.446	482.673
33.986	19.208	0.488	344.701	30.213	38.142	0.45	482.763
34.904	19.211	0.492	344.82	31.028	38.144	0.455	482.853
35.821	19.214	0.497	344.938	31.844	38.146	0.459	482.942
36.739	19.217	0.501	345.056	32.659	38.148	0.463	483.032
37.657	19.221	0.506	345.173	33.475	38.15	0.467	483.12
38.575	19.224	0.51	345.29	34.291	38.153	0.471	483.208
39.493	19.227	0.514	345.406	35.106	38.155	0.476	483.296
40.411	19.23	0.519	345.522	35.922	38.157	0.48	483.383
41.329	19.233	0.523	345.637	36.738	38.159	0.484	483.47
42.246	19.236	0.527	345.751	37.553	38.161	0.488	483.556
43.164	19.239	0.531	345.865	38.369	38.163	0.492	483.642
44.082	19.242	0.536	345.979	39.184	38.165	0.495	483.728
45	19.245	0.54	346.091	40	38.167	0.499	483.813

- d) Usando los resultados de los parámetros hidráulicos para el rango de caudales dado (Tabla 56), se traza la curva descarga - perímetro mojado para las estaciones correspondientes (Figura 29y Figura 30).

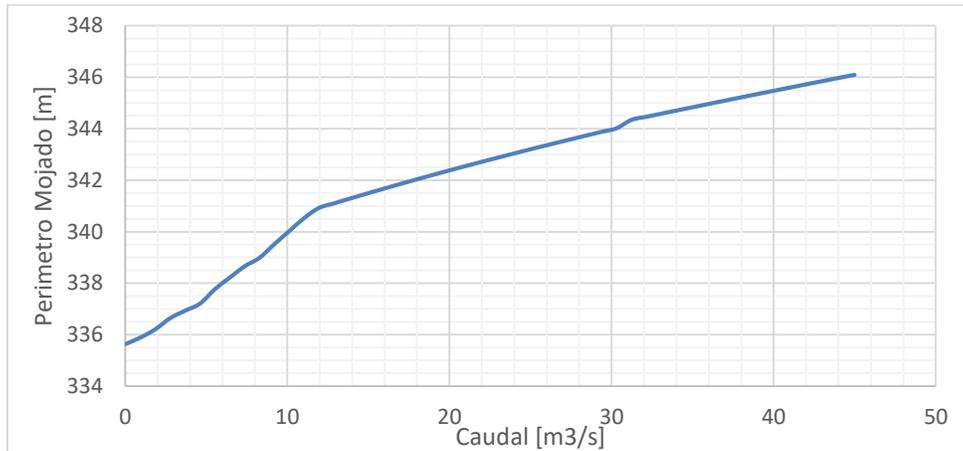


Figura 29. Curva Caudal - Perímetro Mojado para la estación 11014 - Acaponeta.
Fuente: Elaboración propia basado en información de CDFW (2020) y Molls (2008).

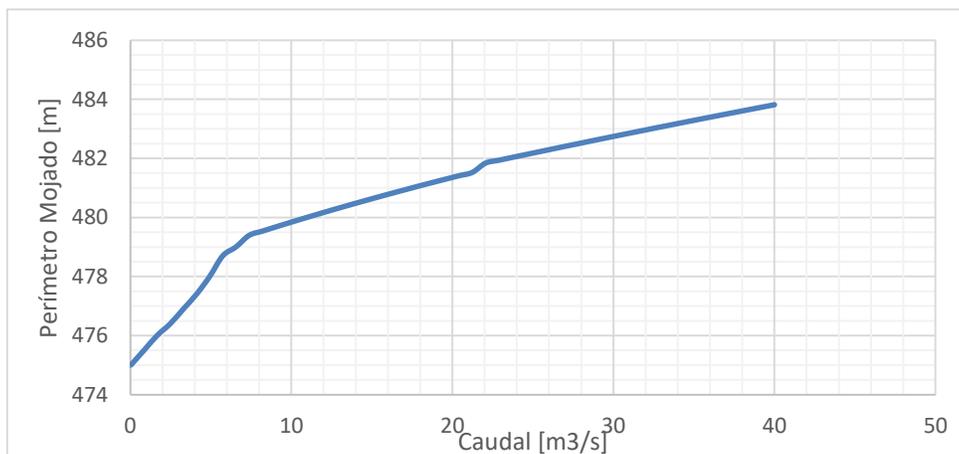


Figura 30. Curva Caudal - Perímetro Mojado para la estación 10018 - Puente Sud Pacífico.
Fuente: Elaboración propia basado en información de CDFW (2020) y Molls (2008).

Como se observa en las Figura 29 y Figura 30, se distingue un cambio en la pendiente a partir de un punto de inflexión, el cual, indica el valor aproximado del caudal ecológico; para los datos analizados es posible situarlo como se indica:

$$\text{Para el río Acaponeta: } Q_{ecol} = 11.96 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

$$\text{Para el río Culiacán: } Q_{ecol} = 7.37 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

El procedimiento de cada uno de los métodos empleado se aplicó a cada una de las 21 estaciones hidrométricas. Los resultados se presentan en los anexos I-IX.

5. Análisis y discusión de resultados

Al aplicar los procedimientos descritos anteriormente para cada estación se obtienen los resultados presentados en la Tabla 57.

Tabla 57. Resumen de resultados de la evaluación del caudal ecológico en las estaciones hidrométricas de la zona de estudio del Golfo de California.
Fuente: Elaboración propia basado en información de CONAGUA (2012); Escalante y Reyes (2004); de la Lanza, et. al. (2018); CDFW (2020).

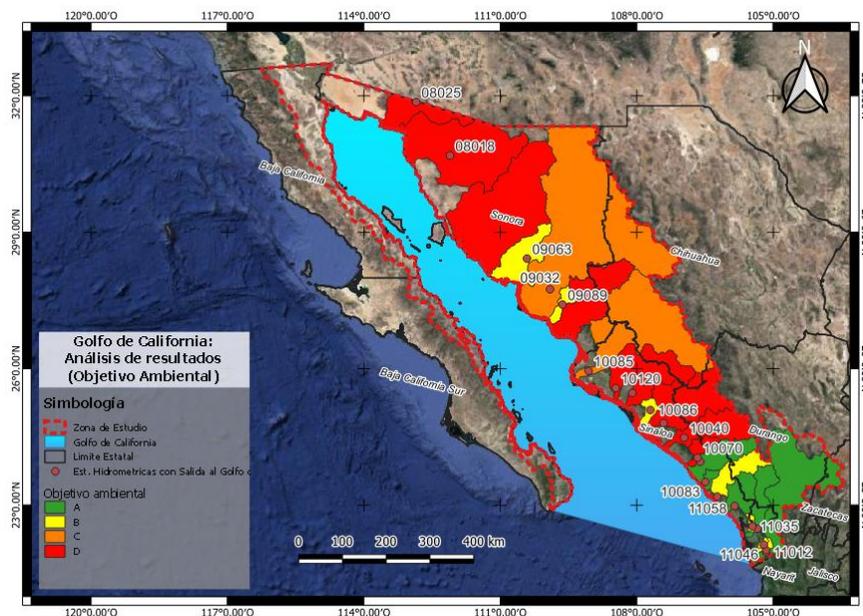
Estación		10031	10023	8025	10070	10040	10018	10120	8018	10085	10086	11035	9063	11058	11046	9089	11030	10065	10083	11014	11012	11016	
		Guamúchil	Puente Nuevo	Sonoita II	Acatlan	Santa Cruz	Puente Sudpacífico	Guasave Puente Carretera	Pitiquito II	San Miguel Z	Pericos	La Ballona	Punta de Agua	Siqueros	Rosa Moreda	Cocoraque	El Bejuco	Ixpalino	El Quielite	Acaponeta	San Pedro	Baluarte II	
CMA		3.88	8.30	0.61	12.42	50.82	99.05	28.96	1.48	39.17	1.51	3.72	1.23	30.73	2.41	0.48	4.62	77.27	4.45	41.72	84.09	50.91	
Presión de Uso		muy alta	muy alta	muy alta	muy alta	muy alta	muy alta	muy alta	muy alta	muy alta	baja	baja	alta	baja	baja	baja	baja	baja	baja	baja	baja	baja	
Objetivo Ambiental		D	D	D	D	D	D	D	D	C	B	B	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	
Apéndice Normativo B	Estado del Régimen Fluvial	NA	A	NA	A	A	A	NA	A	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	
	% cumplimiento	80.6	41.4	62.1	47.3	42.3	3.9	87.0	29.8	78.3	56.3	53.4	66.7	65.3	64.8	75.3	74.2	57.7	68.9	76.0	62.7	67.5	
Apéndice Normativo C	Tennant Modificado	Qecol Régimen Anual [m3/s]	0.23	1.88	0.04	0.83	3.40	6.62	2.06	0.31	8.85	0.13	0.93	0.31	8.21	0.65	0.13	1.40	17.60	1.20	16.72	33.71	21.98
		%EMA	5.9	22.6	6.6	6.7	6.7	6.7	7.1	21.0	22.6	8.6	25.0	25.1	26.7	26.9	27.1	30.3	22.8	27.0	40.1	40.1	43.2
		Qecol Régimen Mensual [m3/s]	0.81	2.33	0.16	2.82	12.72	25.20	7.37	0.45	16.95	0.23	1.68	0.56	15.43	1.01	0.23	2.22	26.80	1.58	24.25	49.28	30.99
		%EMA	20.9	28.1	26.3	22.7	25.0	25.4	25.4	30.4	43.3%	15.3	45.2	45.4	50.2	41.9	47.9	48.0	34.7	35.5	58.1	58.6	60.9
Apéndice Normativo D	Aprox. Gran Visión	%CMM asignado	15.0	20.0	20.0	20.0	20.0	15.0	20.0	15.0	30.0	40.0	40.0	35.0	40.0	40.0	35.0	40.0	70.0	70.0	70.0	70.0	70.0
		Qecol [m3/s]	0.58	2.53	0.09	2.72	9.44	32.92	5.78	0.17	11.74	0.60	1.49	0.43	12.29	0.96	0.17	1.75	47.92	2.13	29.20	58.84	32.29
		%EMA	15.0	30.5	14.8	21.9	18.6	33.2	20.0	11.5	30.0%	39.8	40.1	34.9	40.0	39.8	35.4	37.9	62.0	47.8	70.0	70.0	63.4
	Aprox. Detallada	Qecol [m3/s]	0.62	1.22	0.11	1.82	12.50	17.07	3.59	0.21	4.74	0.18	1.26	0.34	8.82	0.81	0.09	2.44	24.86	1.57	27.00	48.72	33.30
		%EMA	16.0	14.7	18.1	14.7	24.6	17.2	12.4	14.2	12.1	11.9	33.9	27.6	28.7	33.6	18.8	52.8	32.2	35.3	64.7	57.9	65.4
	Vfr [Hm3/año]	19.13	37.94	3.15	56.73	388.75	531.04	111.77	6.41	147.50	5.54	39.28	10.6	274.45	25.08	2.79	76.08	773.13	48.9	840.06	1,515.5	1,035.6	
Caudal Mínimo	7Q10 [m3/s]	0.003	0.050	0.010	0.070	0.800	0.360	0.110	0.020	0.520	0.520	0.520	0.01	0.160	0.001	0.025	0.001	0.500	0.01	0.810	0.050	0.080	
	Q90 [m3/s]	0.030	2.290	0.010	0.210	2.890	6.460	0.780	0.060	1.220	1.220	1.220	-	0.810	0.033	-	0.030	1.840	0.02	1.410	1.400	0.590	
	10% EMA [m3/s]	0.380	1.270	0.040	1.360	4.770	21.90	2.890	0.110	3.910	3.910	3.910	0.12	3.070	0.241	0.048	0.440	7.720	0.44	4.170	8.400	5.07	
	Q mayor ocurrencia histórica [m3/s]	0.030	0.190	0.010	0.300	7.340	4.800	0.220	0.060	1.200	1.200	1.200	0.01	1.001	0.018	0.030	0.033	1.200	0.03	1.500	2.500	3.900	
Perímetro Mojado	Qecol [m3/s]	0.33	1.08	0.43	3.39	9.20	7.37	3.70	0.39	9.82	0.27	1.24	0.32	9.81	0.38	0.15	0.83	10.02	0.84	11.96	38.18	17.37	
	%EMA [m3/s]	8.5	13.1	70.7	27.3	18.1	7.4	12.8	26.1	25.1	17.7	33.3	26.0	31.9	15.7	31.3	17.9	13.0	18.8	28.7	45.4	34.1	
Qecol máx. [m3/s]		0.81	2.53	0.43	3.39	12.72	32.92	7.37	0.45	16.95	16.95	1.68	0.56	15.43	1.01	0.23	2.44	47.92	2.13	29.20	58.84	33.30	
Qecol medio [m3/s]		0.51	1.81	0.17	2.32	9.45	17.84	4.50	0.31	10.42	10.42	1.32	0.39	10.91	0.76	0.15	1.73	25.44	1.46	21.83	45.75	27.19	
Qecol mín. [m3/s]		0.23	1.08	0.04	0.83	3.40	6.62	2.06	0.17	4.74	4.74	0.93	0.31	8.21	0.38	0.09	0.83	10.02	0.84	11.96	33.71	17.37	

5.1. Análisis de resultados

En la Tabla 57 se identifica que diez de las cuencas analizadas cuentan con un objetivo ambiental en la categoría *D*. Lo cual significa que, al mantener un régimen fluvial basado en el caudal ecológico calculado, las condiciones ecológicas en estos cauces se conservarían en un nivel deficiente o mínimo aceptable para la supervivencia de la mayoría de las formas de vida. Geográficamente este grupo de cuencas se concentra en tres áreas distintas dentro de la zona de estudio (Mapa 19): dos de ellas están en la región centro y noroeste, extendiéndose sobre gran parte del estado de Sonora; y la tercera, se ubica en la región central de la zona, al norte de Sinaloa e incluye la porción oeste de Durango (de la Lanza Espino et al., 2018).

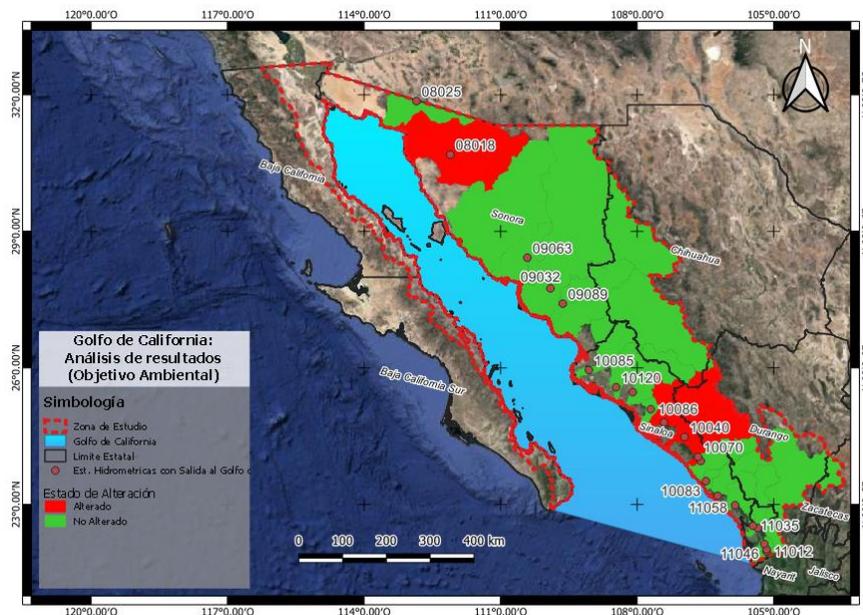
Para el objetivo ambiental *C*, únicamente dos de las cuencas analizadas caen dentro de esta categoría. Sin embargo, el territorio que ocupan es extenso, puesto que se sitúan al noreste de la zona de estudio e incluyen la parte suroeste del estado de Chihuahua y la sección oriente de Sonora, ello se debe a que los ríos Yaqui y Fuerte cuentan con cauces principales de gran longitud y múltiples afluentes. En forma teórica, las cuencas con este tipo de objetivo se relacionan con una calidad del hábitat apenas aceptable para la sobrevivencia de las diferentes formas de vida acuática en los ríos, porque el ancho de la superficie libre del agua, la profundidad y la velocidad son moderados. El segundo grupo más grande lo conforman las cuencas con objetivo ambiental *B* y está integrado por siete cuencas que se encuentran aisladas y esparcidas sobre la zona de estudio; ocupan una extensión de terreno menor en comparación a las cuencas con otro tipo de objetivo, dos de ellas se ubican en el estado de Sonora, otras dos en Sinaloa y las últimas tres en Nayarit. Las características de la calidad del hábitat para cuencas de esta categoría están ligadas con un nivel de conservación que va de bueno a excelente para las diferentes formas de vida acuática en los ríos, porque el ancho de la superficie libre del agua, la profundidad y la velocidad son satisfactorios (CONAGUA, 2012).

Para terminar el apartado sobre los objetivos ambientales, las cuencas que forman parte de la categoría *A* resultan ser cinco, entre las cuales destacan las de los ríos Baluarte y San Pedro. Se ubican casi en forma exclusiva sobre el sureste de la zona de estudio hacia el sur de los estados de Sinaloa, Durango y el norte de Nayarit. Se trata de cuencas que en teoría están en condiciones naturales, por lo cual, se vinculan con caudales ecológicos que brindan un hábitat con una calidad que va de excelente a excepcional para la mayoría de las especies acuáticas durante su periodo de crecimiento inicial, así como para diversos usos recreativos (Arthington et al., 2006).



Mapa 19. Objetivos ambientales en las estaciones analizadas.
Fuente: Elaboración propia basado en información de CONAGUA (2012)

Procediendo con la aplicación del Apéndice B de la Norma Mexicana, los resultados indican que de las veinticuatro estaciones (Mapa 20), cinco de ellas resultan con un régimen fluvial que se encuentra en estado alterado. Este grupo corresponde a las cuencas cuyas estaciones se hallan sobre los ríos de la Concepción, Culiacán, San Lorenzo y Elota. Las estaciones mencionadas, están localizadas al norte del estado de Sonora (08018) y en el centro del estado de Sinaloa (10018, 10023, 10040 y 10070). La cuenca del Río Culiacán resulta la más afectada pues dentro de sus límites se encuentran dos estaciones con régimen fluvial alterado. Por otro lado, existen tres estaciones que cuentan con una extensión de registros menor a diez años (9002, 9027 y 9032), por lo cual, se determinó que sus datos son deficientes y no es posible dictaminar en forma adecuada su estado de alteración. Para el resto de las estaciones se obtuvo un régimen fluvial no alterado, sin embargo, conforme al porcentaje de cumplimiento del régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos del Régimen Hidrológico Natural (RHN) para cada estación, se puede diferenciar que las cuencas de los ríos Cañas, Piaxtla y Laguna Caimanero son vulnerables a cambiar su estado hacia un régimen alterado ya que el valor del porcentaje es menor al 60% (CONAGUA, 2012).



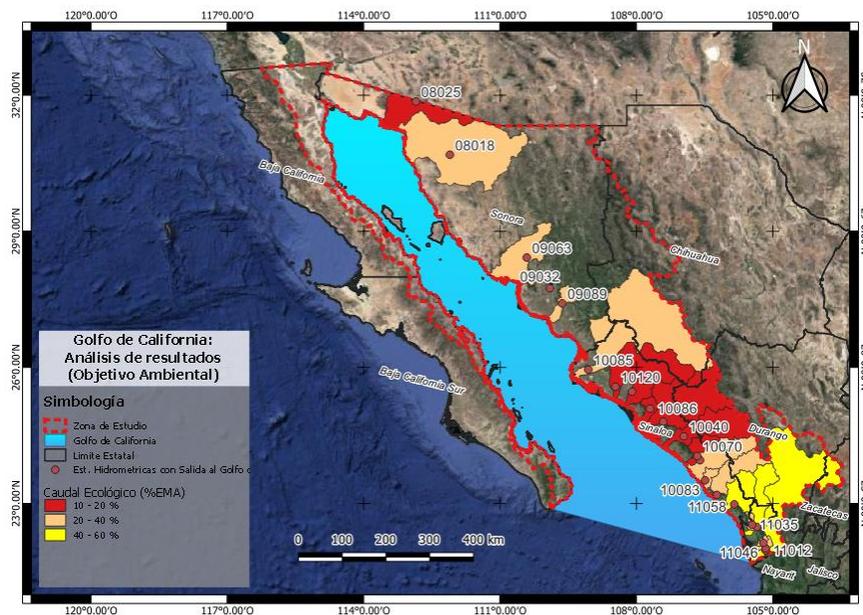
Mapa 20. Resultados del estado de alteración fluvial para las estaciones analizadas.
Fuente: Elaboración propia basado en información de CONAGUA (2012)

Continuando con la aplicación del Apéndice C de la Norma Mexicana, se obtuvieron distintos resultados para describir la variación temporal en el comportamiento del régimen fluvial natural. Lo primero que se identifica es que, al considerar los tres tipos de años y los dos periodos elegidos (RHA y RHN) como se indica en la Norma, no es posible distinguir un comportamiento uniforme en el régimen hidrológico para las cuencas con objetivo ambiental D. Sin embargo, al dividir las en grupos más pequeños se puede llegar a diferenciar ciertos rasgos en común, es decir, el patrón general de caudales muestra características heterogéneas que pueden ser disgregadas en tres grupos. El grupo con más disparidad se forma con las estaciones 08018, 08025, 10023 y 10040 debido a que presentan patrones de avenidas muy dispersos a lo largo del tiempo, sin llegar a reconocer características en común entre ellas o con otras estaciones, lo cual, posiblemente se ocasiona por la regulación del caudal aguas arriba de las E.H. 10023 y 10040 o el flujo de características prácticamente temporales a lo largo del año en las corrientes de las E.H. 08018 y 08025. Por otro lado, en las estaciones 9002, 9027 y 10070, el régimen es ligeramente más uniforme ya que solo muestra una época de avenidas que va de julio a octubre para los tres tipos de años (CONAGUA, 2012).

En cuanto a las estaciones 10018, 10031 y 10120 así como para todas las estaciones de las cuencas con objetivo categoría C, el comportamiento se asemeja moderadamente entre ellas puesto que, el régimen para los años húmedos y medios presenta dos épocas de avenidas durante el año: una que va de julio a septiembre y otra con lluvias en diciembre y enero; por otro lado, para los años secos solo hay avenidas de julio a septiembre. Finalizando con el patrón general de caudales, el grupo integrado por las cuencas con objetivo ambiental A y B es el que presenta más uniformidad, por tanto, es posible determinar un comportamiento prácticamente homogéneo el cual cuenta con una sola época de avenidas para los tres tipos de año, el cual inicia en el mes de julio, se intensifica en agosto y disminuye en octubre (CONAGUA, 2016).

Abordando propiamente los resultados obtenidos para el caudal ecológico, es factible realizar un análisis de los valores obtenidos considerando los conjuntos de cuencas agrupados de acuerdo con su objetivo ambiental y tomando como directriz la Norma Mexicana. Para iniciar, es útil señalar que las cuencas con objetivo D normalmente se asocian con la obtención de caudales ecológicos que van del 10 al 20% del Escurrimiento Medio Anual (EMA) en condiciones naturales, lo cual implica una calidad de hábitat que va de *Pobre* o *Mínima* hasta *Aceptable* o *En Proceso de Degradación*. Considerando el criterio anterior los resultados obtenidos para las cuencas de este primer grupo plantean lo siguiente (CONAGUA, 2012):

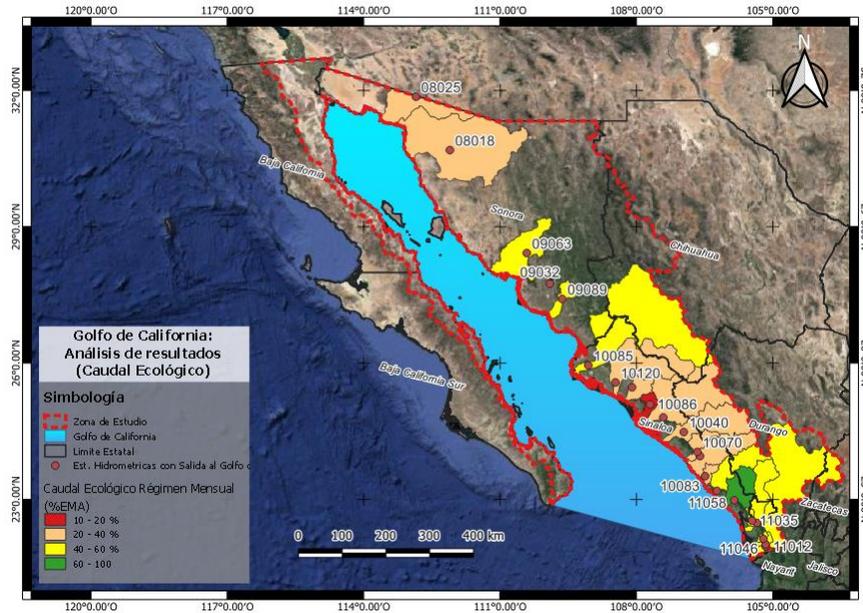
Al aplicar el método de Tennant modificado del Apéndice Normativo C, los resultados son consistentes en mayor proporción. Las propuestas de Q_{ecol} para un régimen anual, exponen que los ríos más afectados (Mapa 21), al presentar caudales con porcentajes bajos en términos del escurrimiento medio anual (%EMA), son: Mocorito, Culiacán, Sonoita, Elota y San Lorenzo donde el caudal ecológico se encuentra dentro de un rango que va del 5 al 8% del EMA (CONAGUA, 2016).



Mapa 21. Resultados de caudal ecológico (%EMA) en régimen anual para las estaciones analizadas de acuerdo con el Apéndice Normativo C.

Fuente: Elaboración propia basado en información de CONAGUA (2012; 2016)

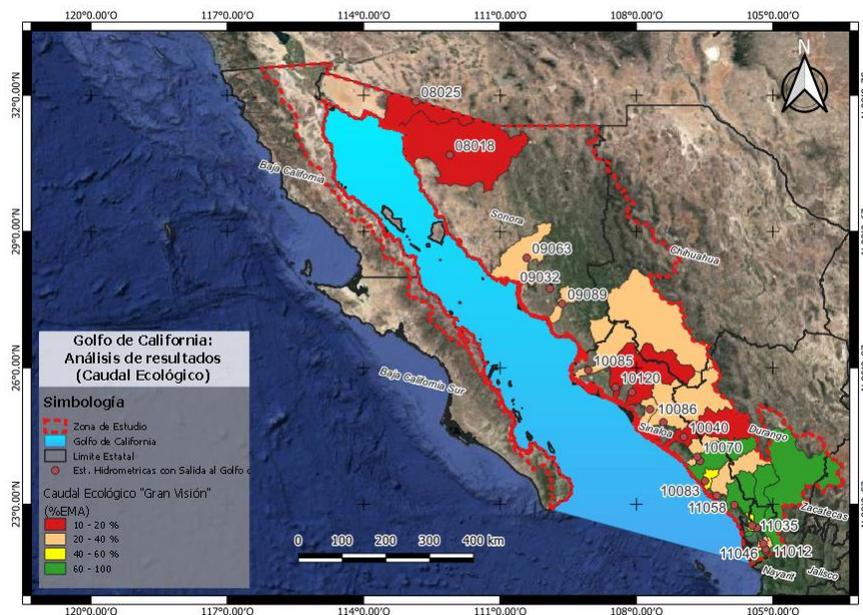
En las propuestas para un régimen mensual, los resultados “mejoran” un poco, puesto que el valor promedio del caudal ecológico se ubica en un rango que va del 20 al 30% del EMA, sin embargo, todavía se mantienen las condiciones en estado de degradación por lo que son caudales que se recomienda mantener únicamente en el corto plazo. Para este tipo de régimen (Mapa 22), las cuencas cuyos porcentajes no exceden el 25%, son las de mayor afectación y resultan ser las mismas que para el régimen anual con la adición del Río de La Concepción en el estado de Sonora (CONAGUA, 2012; 2016).



Mapa 22. Resultados de caudal ecológico (%EMA) en régimen mensual para las estaciones analizadas de acuerdo con el Apéndice Normativo C.

Fuente: Elaboración propia basado en información de CONAGUA (2012; 2016)

Con la aproximación hidrológica de “Gran Visión” de la Alianza WWF – Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P (Salinas-Rodríguez, 2011) se obtienen resultados menos conservadores (Mapa 23), comparados con el régimen mensual del Tennant modificado, debido a que caen dentro de porcentajes del EMA que van del 15 al 20%; las cuencas afectadas también son las ya listadas previamente con la adición de la cuenca del río Sinaloa (CONAGUA, 2012; 2016).



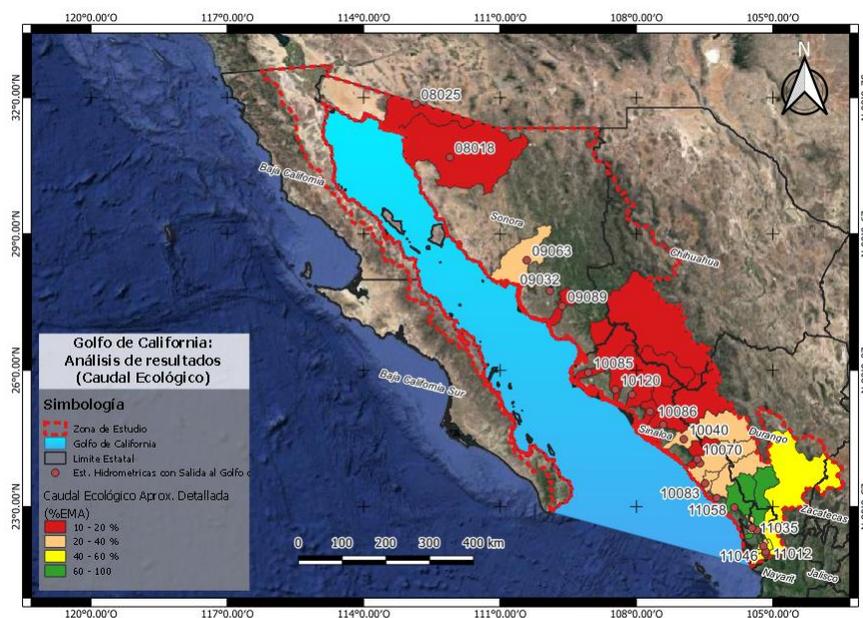
Mapa 23. Resultados de caudal ecológico (%EMA) con la aproximación de “Gran Visión” para las estaciones analizadas de acuerdo con el Apéndice Normativo D.

Fuente: Elaboración propia basado en información de CONAGUA (2012; 2016)

Como parte última, al aplicar la aproximación hidrológica “Detallada” se observa que los resultados son muy similares a los de “Gran Visión”, pues los rangos porcentuales del EMA van del 12 a 25%, sin embargo, la ventaja de estas propuestas en comparación con las de Gran Visión es que, se pueden desglosar en un régimen estacional y para diferentes tipos de años (muy secos, secos, medios y húmedos). El grupo de cuencas afectadas coincide con las mencionadas previamente dentro de la categoría con objetivo ambiental *D* (CONAGUA, 2012; 2016).

Continuando con la secuencia, las cuencas con objetivo ambiental *C*, típicamente se relacionan con caudales ecológicos que van del 20 al 40% del EMA contando con una categoría de calidad de hábitat Buena. Mientras que, las cuencas con objetivo tipo *B* están ligadas con porcentajes en un rango que va del 40 al 60%, lo cual implica contar con una calidad de hábitat en condiciones Excelentes; con estos parámetros, los resultados para las cuencas de estos dos grupos son los siguientes: El par de cuencas con objetivo *C* cumple medianamente con el rango asociado en la mayoría de los métodos usados, por ejemplo, en la metodología modificada de Tennant con régimen anual se obtienen caudales del 20 al 25% del EMA mientras que, usando un régimen mensual los resultados aumentan teniendo caudales cercanos al 44%; la metodología de “Gran Visión” ofrece resultados similares al de Tennant pues representan del 20 al 30% del EMA (CONAGUA, 2012; 2016).

Sin embargo, la metodología “Detallada” (Mapa 24) merece ser analizada con más detenimiento pues se obtienen valores de caudal muy inconsistentes y extremos tal como se expone en la Tabla 57; para la estación 10085 se obtiene un caudal ecológico de 4.74 m³/s que es igual al 12% del EMA, con lo cual esta corriente merecería tener un objetivo ambiental *D* y sus condiciones de calidad de hábitat serían pobres. Caso contrario sucede con la estación 09032 ya que se obtiene un caudal ecológico muy alto comparado con lo esperado pues al obtener 35.93 m³/s se alcanza casi un 65% del EMA, con lo cual esta estación pasaría a un objetivo ambiental *A*, lo cual no parece posible debido a las condiciones de presión de uso e importancia ecológica dictadas por la Norma (CONAGUA, 2012; 2016).



Mapa 24. Resultados de caudal ecológico (%EMA) con la aproximación “Detallada” para las estaciones analizadas de acuerdo con el Apéndice Normativo D.

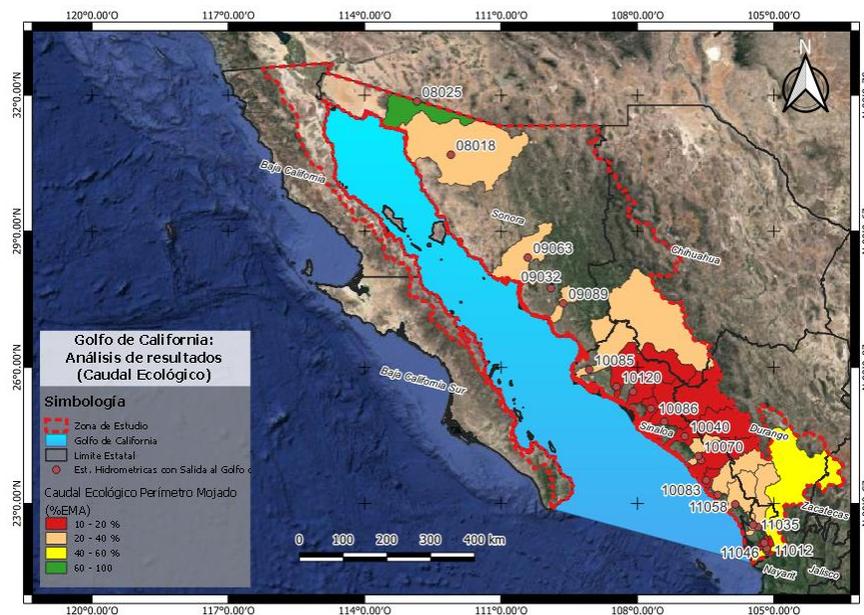
Fuente: Elaboración propia basado en información de CONAGUA (2012; 2016)

Para el conjunto de corrientes cuyo objetivo ambiental es del tipo *B*, los resultados también resultan acordes con los valores teóricos esperados, pues el rango de porcentajes del EMA dentro del cual se encuentran los resultados, va del 40 al 50%. A pesar de contar con condiciones que van de buenas a excelentes, en general este grupo de cuencas cuenta con escurrimientos muy bajos, teniendo un

caudal medio anual entre 1.00 y 4.00 m³/s. La estación 10086 resulta ser la que presenta irregularidades dentro del grupo pues tanto en el método de Tennant modificado como en la aproximación hidrológica “*Detallada*” se obtiene un caudal ecológico dentro del rango del 10 al 15% del EMA, con lo cual las condiciones de calidad estarían en un estado de degradación (CONAGUA, 2012; 2016)..

Finalizando con los resultados de las metodologías hidrológicas, las cuencas cuyo objetivo ambiental es de la categoría A, también cumplen con el comportamiento esperado pues normalmente se asocian con porcentajes que van del 60 al 100% del EMA y los resultados obtenidos exponen las siguientes condiciones: con el método de Tennant modificado en régimen anual se obtienen caudales del 20 al 40% del EMA, en régimen mensual están dentro del rango del 35 al 60%; empleando el método de *Gran Visión*, se obtienen los caudales más favorables pues están prácticamente entre el 50 y 70%; por último, usando la aproximación hidrológica *Detallada* se obtiene valores de caudal muy similares a los del Tennant en régimen mensual. Las cuencas con los mejores resultados son el grupo compuesto por los ríos Acaponeta, San Pedro y Baluarte, cuyos caudales ecológicos permiten mantener el hábitat en óptimas condiciones así mismo se trata de cuencas con escurrimientos mayores ya que dejando aparte el río Quelite, los escurrimientos está por arriba de 40.00 m³/s (CONAGUA, 2012; 2016; Salinas-Rodríguez, 2011).

Los resultados que se obtuvieron al emplear el método del perímetro mojado (Mapa 25), estos reflejan gran disparidad en relación con el objetivo ambiental asignado a cada cuenca, esto debido a que por la esencia del método, no se toman en cuenta los registros hidrométricos históricos o factores externos como la presión de uso del agua, sino que, únicamente se considera la morfología de la sección del cauce.



Mapa 25. Resultados de caudal ecológico (%EMA) con el método del perímetro mojado para las estaciones.
Fuente: Elaboración propia basado en información de CDFW (2020) y Molls (2008).

Por ejemplo, del análisis de las curvas caudal-perímetro mojado se observa que las cuencas con las mejores condiciones son las de las estaciones 11012, 08025, 11016, 11035 y 09089 que corresponden a los ríos San Pedro, Sonoita, Baluarte, Cañas y el arroyo Cocoraque respectivamente. Sin embargo, en la estación 08025 se ubica en una cuenca con objetivo D por lo que, garantizar el caudal que se obtiene con el método del perímetro mojado se vislumbra complicado pues la presión de uso en el territorio es Muy Alta. En el otro extremo, las cuencas cuyo caudal ecológico implica tener un hábitat con las condiciones más desfavorables son las de las estaciones 10018, 10031, 10120, 10065 y 10023 que están ligadas a los ríos Culiacán, Mocerito, Sinaloa e Ixpalino respectivamente. Nuevamente aquí, el resultado que resulta fuera de lo normal es

el de la estación 10065, pues se trata de una cuenca con objetivo A y cuyas condiciones están prácticamente inalteradas, por lo cual, mantener un régimen de caudal basado en el valor obtenido sería contraproducente (CDFW, 2020).

Por último, concerniente a los métodos de caudal mínimo, estos valores son el caudal que se debe garantizar como última instancia en caso de que los ríos se encuentren en condiciones de calidad del hábitat muy pobres y sólo se pretenda que sobreviva la corriente. Entre los valores obtenidos el más práctico resulta ser el que se deriva de las recomendaciones originales de Tennant, donde el 10% del Escurrimiento Medio Anual es el mínimo recomendable para mantener un hábitat que permite en un corto plazo la sobrevivencia de la mayoría de las formas de vida acuática; el método del Q90 también podría ofrecer ciertas garantías para la sobrevivencia de las formas de vida pero debe ser utilizado con mucha reserva; el resto de los métodos (7Q10 y la *Moda Estadística*) son casos extremos donde el gasto es muy pequeño o prácticamente nulo (Escalante y Reyes, 2004).

En la sección final de la Tabla 57 para cada estación hidrométrica se seleccionó el valor máximo y mínimo, así como el valor promedio de los caudales ecológicos obtenidos con los diferentes métodos empleados, con la excepción de los de caudal mínimo puesto que las condiciones de hábitat que ofrecen son inferiores en comparación con los otros métodos. Vale la pena puntualizar que el valor promedio de los caudales ecológicos resulta uno de los parámetros más útiles ya que los valores porcentuales del EMA se encuentran dentro de los rangos teóricos esperados y no son tan conservadores como los valores máximos. Además, ofrece una visión más general y uniforme de la situación de calidad de hábitat deseable para las diferentes cuencas, puesto que si se hace la lectura de la tabla de izquierda a derecha coincide en que mientras más se va aproximando al extremo derecho de la tabla, la calidad del hábitat en función del caudal ecológico va mejorando (Ward y Tockner, 2001).

Para dar término al análisis de resultados, es conveniente identificar las relaciones que existen entre los principales rasgos presentados en la Tabla 57: objetivo ambiental, escurrimiento medio anual, estado de alteración, patrón general de caudales y caudal ecológico.

En primer lugar, es interesante señalar que la relación entre el objetivo ambiental y el estado de alteración parece ser mínima. Ejemplo de ello es que en todas las cuencas donde se presenta un régimen fluvial alterado tienen asignado un objetivo ambiental D, sin embargo, no todas las cuencas con esta clase de objetivo resultan estar alteradas, tal es el caso de las estaciones 08025, 10031, 10120, 10085, donde a pesar de tener objetivo D se obtiene un régimen no alterado. Esto puede deberse a que las consideraciones establecidas en la Norma Mexicana para asignar los objetivos, están referidas en forma general para toda el área de la cuenca y en este caso solo se analiza una sección transversal ubicada sobre el cauce principal (CONAGUA, 2012).

También, cabe señalar que tanto el objetivo ambiental, estado de alteración y el patrón general de caudales del régimen natural parecen estar relacionados. El motivo por el cual se hace mención es que, por ejemplo, para el caso de las cuencas donde no existe homogeneidad en sus patrones de estiaje y avenidas, coincide con la obtención de un régimen en estado alterado, así como la asignación de un objetivo ambiental D. Sin embargo, dentro de la misma categoría de objetivo, existen cuencas en las que la relación es inconsistente, véase la E.H. 10070, donde a pesar del objetivo D, en realidad no hay mucha variabilidad en el patrón general de caudales a lo largo del año pues solo hay una época de avenidas dentro del periodo Julio – Octubre (CONAGUA, 2016).

Por la naturaleza del proceso de aplicación de los métodos hidrológicos, la relación entre el objetivo ambiental y el caudal ecológico es directa ya que los porcentajes de asignación dependen del objetivo asignado, motivo por el cual, en general se obtienen caudales ecológicos con porcentajes dentro de los rangos teóricos. No obstante, la relación entre el escurrimiento anual con todas las demás características parece ser nula, tal como se puede observar con las estaciones 10040 y 10018, las cuales se encuentran entre las de mayor escurrimiento y a pesar de ello tienen un objetivo D. Así mismo, no necesariamente las estaciones con menor escurrimiento implican la obtención de un régimen alterado, un patrón de caudales con mucha variabilidad, objetivos o caudales ambientales de características deficientes, véase el caso de la estación 10083 (CONAGUA, 2012).

6. Conclusiones

Con la elaboración de este trabajo y en relación con el objetivo general, se logró evaluar el caudal ecológico en la desembocadura de gran parte de las cuencas que alimentan al Golfo de California lo cual, permitió obtener una caracterización general de la zona de estudio en donde se incorporó tanto la información hidrométrica de la cuenca como algunas características del entorno socio-ambiental y sus correlaciones. En dicha caracterización se observaron rasgos divididos, por un lado, un grupo de cuencas donde la presión de uso se encuentra en niveles altos a muy altos y los efectos de las actividades antropogénicas tienen gran influencia en las condiciones ecológicas de los ríos, pues existen asentamientos humanos de tamaños medianos a grandes localizados muy próximos a las márgenes de los ríos, lo que deriva en el aumento de las extracciones y descargas de agua, así como, un caudal ecológico deficiente (CONAGUA, 2012; 2016; Salinas-Rodríguez, 2011).

De igual manera, es posible afirmar que las metodologías hidrológicas e hidráulicas para evaluar el caudal ecológico son un instrumento de gran utilidad para llevar a cabo una aproximación de tipo inicial que permita conocer el estado de conservación de cualquier corriente en términos del volumen de flujo disponible para la biota del lugar. Además, con este tipo de métodos se puede identificar la ubicación de aquellas cuencas donde las condiciones son favorables, vulnerables o deficientes y de este modo tomar decisiones al respecto. Sin embargo, es importante recordar que las metodologías hidrológicas e hidráulicas son estimativas, pues su desarrollo se hace principalmente en gabinete. Debido a lo anterior, se puede considerar que la precisión de los resultados está en un nivel medio, por lo tanto, estos valores deben usarse con cautela al abordar la problemática de conservación ecológica de los ríos pues en esencia su precisión está ligada con la de los registros hidrométricos y/o batimétricos disponibles (Williams et al., 2019).

Por otro lado, también fue posible comparar las características de las cuencas con diferente estado de alteración fluvial, pues de acuerdo con el apéndice normativo B, las cuencas que resultaron tener un régimen alterado junto con las cuencas con objetivo ambiental *D*, resultaron con un régimen de caudales poco uniforme en términos de estacionalidad. En contraparte, las cuencas no alteradas presentaron un régimen estacional con patrones de estiaje y avenidas muy marcados a lo largo del año. La región más afectada de este grupo es la franja costera que va por Los Mochis – Guasave – Angostura – Navolato – Culiacán – Elota y se extiende al oeste del estado de Sinaloa en donde la actividad agrícola tiene una importancia muy grande, siendo de las más extensas del país (CONAGUA, 2012; 2016; Salinas-Rodríguez, 2011).

En las cuencas no alteradas, debido a la menor presencia de poblaciones humanas se tiene un estado de conservación más estable y favorable. Estas cuencas son las que requieren mayor atención pues al presentar condiciones favorables se vuelve prioritario mantenerlas, sin embargo, también son vulnerables debido a que la superficie agrícola en los últimos años ha ido en aumento en esta zona, la cual prácticamente se concentra al sureste de la zona de estudio y contempla el área natural protegida de las Marismas Nacionales (CONAGUA, 2012; 2016; Salinas-Rodríguez, 2011).

Pasando con el tercer objetivo planteado, también se logró cumplir con el objetivo de identificar las posibles causas de las condiciones ecológicas por las cuales existen cuencas con afectaciones en su nivel de conservación ecológica y estas son las siguientes: el aumento en la presencia de asentamientos humanos a lo largo de las márgenes de los ríos, así como de las extracciones y descargas urbanas; otra de las causas es la desaparición de la cobertura vegetal natural por el incremento en la superficie agrícola; por último, la construcción de obras hidráulicas (como grandes presas o derivadoras), o tomas de agua (para bombeo de pozos y derivaciones), también han provocado una baja en los escurrimientos y la alteración en el régimen natural de las cuencas en la zona (el caso más reciente es la Presa Santa María ubicada al sur de Sinaloa sobre la cuenca del río Baluarte que entrará en operaciones a finales de 2023, pero también, a lo largo de la historia se han construido grandes presas como las de Huites, Sanalona, El Humaya, etc.) (de la Lanza et al., 2012; 2015).

Otro de los principales inconvenientes que existen al momento de desarrollar estas metodologías es la falta de actualización en las bases de datos hidrométricas y la poca cobertura de instrumentación de los ríos, pues en la información de acceso público que fue utilizada en la presente investigación, el último año de registros de las estaciones fue el 2014 y de igual manera, no todas las cuencas de la región cuentan al menos con una estación hidrométrica en activo. Esta misma problemática ya había sido apuntada anteriormente, mencionando que el no contar con una base de datos mínima de caudales de veinte años como lo marca la NMX es un problema constante en el país. Por ello, tras una serie de estudios establecieron que un registro de al menos diez años continuos es adecuado y trae consigo resultados semejantes a los que resultarían al usar datos de al menos veinte años. Bajo este criterio, en el presente estudio del total de estaciones analizadas, tres presentaron una base de datos menor a diez años, cuatro tienen registros entre diez y veinte años, mientras el resto de las estaciones cuentan con registros que superan los veinte años. Por lo cual, a excepción de las tres estaciones mencionadas, el resto de los resultados obtenidos son confiables y pueden utilizarse como una primera referencia sobre el estado en que se encuentran las corrientes en términos de caudal (de la Lanza Espino et al., 2018).

De este modo, con los resultados obtenidos en las diferentes figuras y mapas, la descripción de las condiciones del entorno indica que la mayoría de los ríos que descargan al Golfo de California se caracterizan por tener condiciones de disponibilidad de caudal que van de deficientes a moderadas y son vulnerables a cualquier cambio, pues al tomar como referencia los valores promedio, en más del 75% del total de cuencas evaluadas, el caudal ecológico oscila entre el 15 y el 35% de caudal medio anual de cada cuenca (CONAGUA, 2012; 2016; Salinas-Rodríguez, 2011).

Frente a la situación de la zona, entre las acciones a tomar, está identificar las cuencas en las que se tienen que mantener las condiciones actuales y aquellas en las que convendría enriquecer el aporte de los ríos a los ecosistemas acuáticos asociados mediante una restauración fluvial. Para el presente caso de estudio, las cuencas con objetivo ambiental A son en las que resulta benéfico mantener las condiciones existentes, así mismo, son las más importantes pues se preservan casi en un estado natural y por tal motivo, en forma teórica su conservación es más fácil. Sin embargo, el resto de las cuencas (aunque en menor grado) también son importantes y además el esfuerzo que se tiene que emplear para mantener o mejorar sus condiciones es mayor conforme el objetivo ambiental desciende (CONAGUA, 2012).

Así mismo, para poder enriquecer la precisión de los resultados es conveniente realizar la evaluación del caudal al menos en tres secciones transversales o puntos de aforo que estén ubicados en tres niveles de una misma corriente o cuenca (alto, medio y bajo), y así permitir integrar las características geomorfológicas, climáticas, hidrológicas, inclusive las antropogénicas por la presión del uso del agua. De igual manera se recomienda que, en la medida de lo posible, se realicen estudios en campo para la medición del caudal y levantamiento batimétrico de las secciones transversales bajo estudio (de la Lanza et al., 2015).

Independientemente de si las cuencas requieren acciones de restauración fluvial, otro de los puntos a atender es la actualización de los registros en las estaciones hidrométricas y el incremento en la instrumentación de los ríos más importantes para conocer su situación actual, esto debido a que en ciertas estaciones hidrométricas, no se ve reflejado el aumento en las actividades agrícolas, acuícolas, e incluso mineras, y un acelerado crecimiento poblacional de los años más recientes (de la Lanza Espino et al., 2018).

Posteriormente, se tienen que seleccionar las cuencas donde se va a trabajar ya sea para mantener su régimen o mejorarlo y a continuación es primordial la realización de campañas para el levantamiento de datos en campo, de modo que, con ellos se identifiquen las actividades causantes de la degradación para cada cuenca en particular y así, evaluar si es factible detenerlas o en cambio será necesario llevar a cabo una restauración activa, que incluya la puesta a punto de medidas capaces de reparar los daños generados sobre los corredores fluviales en los que la capacidad de autorrecuperación del ecosistema no es suficiente para alcanzar la estructura y dinámica naturales (CVC, 2018).

Entre estas medidas, pueden estar la complementación de la evaluación caudal ecológico por medio de metodologías del tipo hidrobiológicos u holísticas, también, se pueden aplicar diversas técnicas para restaurar el régimen en la magnitud, frecuencia, duración, y tasa de cambio de las avenidas. Las técnicas de restauración fluvial son diversas y dependen de los rasgos particulares de cada cuenca, algunas de las más empleadas son: la mejora de las prácticas silvícolas; la reintroducción de materiales vegetales en el cauce; la creación de bandas de vegetación riparia para regular las sustancias orgánicas e inorgánicas externas; el control de procesos erosivos; la ordenación del uso de suelo y aprovechamientos en el área de influencia; el aumento de la sinuosidad del río; creación de refugios artificiales y pasos de fauna, etc. (Magdaleno Mas, 2006).

Para finalizar, queda decir que sea cual sea el caso, la aplicación de los métodos hidrológicos e hidráulicos para evaluar el caudal ecológico son una gran herramienta para iniciar con la creación de estrategias puntuales enfocadas a la conservación de los ríos, en las cuales se analicen las características y relaciones de los numerosos factores físicos, químicos y biológicos que tienen influencia en el estado ecológico del río y así poder adoptar medidas consensuadas entre todos los agentes públicos y privados implicados en la gestión del sistema fluvial junto con un plan con el cual se vaya dando seguimiento al cumplimiento del régimen para dotar al río de este régimen ambiental (Arthington, 2012).

7. Referencias

- [1]. AcademiaLab. (2023). *Ciclo del agua*. AcademiaLab: <https://academia-lab.com/enciclopedia/ciclo-del-agua/>
- [2]. Agencia Catalana del Agua. (2009). *Conectividad fluvial*. Retrieved 13 de Septiembre de 2022, from <https://aca.gencat.cat/es/laigua/proteccio-i-conservacio/restauracio-despais-de-ribera-i-connectivitat/connectivitat-fluvial/>
- [3]. Alexander, D., y Fairbridge, R. (Edits.). (1999). *Encyclopedia of Environmental Science*. Dordrecht.
- [4]. Angelier, E. (2003). *Ecology of Streams and Rivers*. Boca Ratón: CRC Press.
- [5]. Aparicio Mijares, F. J. (1992). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. México, D.F: Limusa.
- [6]. Arenas Camps, M. (2015). *¿Qué es una especie exótica y una invasora?* Retrieved 10 de Octubre de 2022, from <https://allyouneedisbiology.wordpress.com/2015/07/23/especies-exotica-invasora>
- [7]. Arias Patrón, E. (Septiembre de 2005). *Plan de acción para el uso eficiente de agua dulce en el Golfo de California. Reporte técnico final para WWF*. WWF - World Wide Fund For Nature: http://awsassets.panda.org/downloads/uso_eficiente_agua_golfo_california_290905.pdf
- [8]. Armstrong, J., y Nislow, K. (2012). Modelling approaches for relating effects of change in river flow to populations of Atlantic salmon and brown trout. *Fisheries Management and Ecology*, 19(6), 527–536.
- [9]. Arthington, A. H. (2012). *Environmental Flows : Saving Rivers in the Third Millennium*. Los Angeles: University of California Press.
- [10]. Arthington, A. H., Bunn, S. E., Poff, N. L., y Naiman, R. J. (2006). The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. *Ecological Applications*, 16(4), 1311-1318.
- [11]. Arthington, A. H., y Zalucki, J. (1998). *Comparative Evaluation of Environmental Flow Assessment Techniques: Review of Methods. Occasional Paper 27/98*. Griffith University. Canberra: Land and Water Resources Research and Development Corporation. <http://hdl.handle.net/10072/181933>
- [12]. Auerbach, D. A., Poff, N. L., McShane, R. R., Merritt, D. M., Pyne, M. I., y Wilding, T. K. (2012). Streams Past and Future: Fluvial Responses to Rapid Environmental Change in the Context of Historical Variation. En J. Wiens, G. Hayward, H. Safford, y C. Giffen (Edits.), *Historical Environmental Variation in Conservation and Natural Resource Management* (pp. 232-245). Oxford: Wiley Blackwell.
- [13]. Banco Mundial. (2003). *Water Resources and Environment Technical Note C.1. Environmental Flows: Concepts and Methods*. (R. Davis, y R. Hirji, Edits.) Documents & Reports:

- <https://documents1.worldbank.org/curated/en/828931468315285821/pdf/263200NWP0REPL1Concepts0and0Methods.pdf>
- [14]. Barradas, V. (2021). *Caracterización y evaluación de los escurrimientos que desembocan al Golfo de California*. Tesis licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Ciudad de México.
- [15]. Benetti, A. D., Lanna, A. E., y Cobalchini, M. S. (2003). Metodologías para determinação de vazões ecológicas em rios. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 8(2), 149-160.
- [16]. Bouzas Blanco, V. (2021). *La importancia de la conectividad fluvial - TYS Magazine*. Retrieved 13 de Septiembre de 2022, from <https://tysmagazine.com/la-importancia-de-la-conectividad-fluvial/>
- [17]. Bovee, K., Lamb, B. L., Bartholow, J., Stalnaker, C., Taylor, J., y Henriksen, J. (1998). *Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology*. Fort Collins, Colorado: U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology Report.
- [18]. Bragg, O., Black, A., y Duck, R. (1999). *Anthropogenic impacts on the hydrology of rivers and lochs. Literature review and proposed methods*. Dundee, Escocia: University of Dundee Geography Department.
- [19]. Cabra, A., y Corradine, M. (2014). *Estimación del caudal ecológico por los métodos 7Q10, Q95 y los factores de reducción del 25% en el río Ocoa a partir de la generación de caudales diarios utilizando el modelo agregado de tanques*. Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/c3f0568d-4507-4808-87d0-7a99aa344683/content>
- [20]. Caissie, J., Caissie, D., y El-Jabi, N. (2015). Hydrologically Based Environmental Flow Methods Applied to Rivers in the Maritime Provinces (Canada). *River Research and Applications*, 31(6), 651-662. Retrieved 2023, from <https://doi.org/10.1002/rra.2772>
- [21]. California Water Boards . (2017). *Watershed Management*. California State Water Resources Control Board: https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/watershed/
- [22]. CDFW. (2020). *Standard operating procedure for the wetted perimeter method in California*. West Sacramento, California: California Department of Fish and Wildlife, Instream Flow Program (CDFW).
- [23]. Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abiertos* (Primera ed.). Bogotá: McGraw Hill.
- [24]. Climate Technology Centre and Network. (2018). *Metodología para la determinación y evaluación de caudales ecológicos y planes de manejo de cuencas en Paraguay aplicación a la cuenca piloto del río Tebicuary*. Climate Technology Centre and Network: https://www.ctc-n.org/system/files/dossier/3b/qecol_pa

- raguay_estado_art_c_ecologicos_v2109
2018.pdf
- [25].CONABIO. (Abril de 2023). *Áreas protegidas*. Biodiversidad mexicana: <https://www.biodiversidad.gob.mx/regi on/areasprot>
- [26].CONABIO. (Octubre de 2023). *Especies exóticas invasoras*. Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad: <https://www.biodiversidad.gob.mx/esp ecies/Invasoras>
- [27].CONABIO. (2023). *Geoportal del Sistema Nacional sobre Informació de Biodiversidad*. CONABIO: <http://www.conabio.gob.mx/informacio n/gis/>
- [28].CONAGUA. (2012). *Norma Mexicana MX-AA-159-SCFI-2012 que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas*. Retrieved Marzo de 2022, from <https://www.gob.mx/cms/uploads/atta chment/file/166834/NMX-AA-159-SCFI-2012.pdf>
- [29].CONAGUA. (2016). *Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS)*. Programa Nacional Contra Contingencias Hidráulicas (PRONACCH): <https://app.conagua.gob.mx/bandas/>
- [30].CONAGUA. (2018). *Estadísticas del Agua en México, edición 2018*. Sistema Nacional de Información del Agua: http://sina.conagua.gob.mx/publicacion es/EAM_2018.pdf
- [31].CONAGUA. (2023). *Ríos Principales*. Sistema Nacional de Información del Agua: <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/S INA/?opcion=riosp>
- [32].CONAGUA. (2023). *Sistema Nacional de Información del Agua*. CONAGUA: <https://sinav30.conagua.gob.mx:8080/S INA/?opcion=SIH>
- [33].CONANP. (16 de Noviembre de 2017). *La importancia y beneficios de los Humedales*. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas : <https://www.gob.mx/conanp/articulos/l a-importancia-y-beneficios-de-los-humedales-ciclo-de-videoconferencias>
- [34].Confederación Hidrográfica del Ebro. (2019). *Conectividad fluvial - Portal CHEbro*. Retrieved 10 de Octubre de 2022, from <https://www.chebro.es/conectividad-fluvial>
- [35].Congreso de los Estados Unidos Mexicanos. (11 de Abril de 2022). *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Leyes Federales de México: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBibli/pdf/LGEEPA.pdf>
- [36].Convención de Ramsar. (2014). *La Convención sobre los Humedales y su misión*. Convention on Wetlands: <https://www.ramsar.org/es/acerca-de/la-convencion-sobre-los-humedales-y-su-mision>
- [37].CVC. (2018). *Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca*. Retrieved Mayo de 2022, from

- https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrograficas/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf
- [38]. de la Lanza Espino, G., González Villela, R., González Mora, I. D., y Hernández Pulido, S. (2018). Caudal ecológico de ciertos ríos que descargan al Golfo de México y al Pacífico Mexicano. *Revista Iberoamericana del Agua*, 5(1), 3-15.
- [39]. de la Lanza, G., Carbajal, J. L., Salinas-Rodriguez, S. A., y Barrios, J. E. (2012). Medición del caudal ecológico del río Acaponeta, Nayarit, comparando distintos intervalos de tiempo. *Investigaciones Geográficas*(78), 62-74.
- [40]. de la Lanza, G., Salinas-Rodriguez, S. A., y Carbajal, J. L. (2015). Cálculo del flujo ambiental como sustento para la reserva de agua al ambiente del río Piaxtla, Sinaloa, México. *Investigaciones Geográficas*(87), 25-38.
- [41]. de Miguel, Á., Lado, J., Martínez, V., Leal, M., y García, R. (2009). El ciclo hidrológico: experiencias prácticas para su comprensión. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*, 17(1), 78-75.
- [42]. Dunbar, M., Gustard, A., Acreman, M., y CRN, E. (1998). *Overseas Approaches to Setting River Flow Objectives*. Wallingford, UK: Environmental Agency R&D Technical Report W6B(96)4. Institute of Hydrology. <http://www.environmentdata.org/archi>ve/ealit:4690/OBJ/16149_ca_object_representations_media_420_original.pdf
- [43]. Dyson, M., Bergkamp, G., y Scanlon, J. (2003). *Flow. The essentials of environmental flows*. Gland: IUCN. IUCN Library System: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2008-096.pdf>
- [44]. Elith, J., y Leathwick, J. (2009). Species Distribution Models: Ecological Explanation and Prediction Across Space and Time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 40, 677-697.
- [45]. EPA. (Agosto de 2022). *Definition and Characteristics of Low Flows*. Retrieved Febrero de 2023, from <https://www.epa.gov/ceam/definition-and-characteristics-low-flows>
- [46]. Escalante, C. A., y Reyes, L. (2004). *Análisis de sequías* (Primera ed., Vol. I). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México. Retrieved Febrero de 2023, from <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/13424>
- [47]. *Estrategias de vida*. (2022). Blog de biología: <https://www.blogdebiologia.com/estrategias-de-vida.html>
- [48]. Fernández, D., y Guitart, M. (2020). *Estadística Descriptiva y Análisis de Datos*. Retrieved Enero de 2023, from <http://www1.frm.utn.edu.ar/estadistica/documentos/ed&ad.pdf>
- [49]. García, E., González, R., Martínez, P., Athala, J., y Paz, G. (1999). *Guía de Aplicación de los Métodos de Cálculo de*

- Caudales*. Ciudad de México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- [50].González, R., y Banderas, A. (2015). *Metodologías para el cálculo de caudales ecológicos y ambientales en ríos regulados por presas*. Jiutepec: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- [51].Gopal, B. (2013). *Environmental Flows An Introduction for Water Resources Managers*. Delhi: India National Institute of Ecology.
- [52].Gutiérrez Caiza, C. (2014). *Hidrología Básica y Aplicada*. Quito: Editorial Universitaria Abya-Yala.
- [53].Hernández, L. A. (2022). *Análisis espacio-temporal de variables climatológicas en la cuenca del río Piaxtla*. Tesis de licenciatura, Ciudad de México.
- [54].INEGI. (2013). *Continuo de Elevaciones Mexicano (CEM)*. INEGI: <https://www.inegi.org.mx/app/geo2/elevacionesmex/>
- [55].INEGI. (2018). *Conjunto de datos vectoriales. Escala 1:250 000. Serie VII. Conjunto Nacional*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463842781>
- [56].INEGI. (2021). *Censo de Población y Vivienda 2020*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI): <https://www.inegi.org.mx/programas/cpv/2020/>
- [57].INEGI. (Abril de 2022). *Anuario estadístico y geográfico por entidad federativa 2021*. Publicaciones INEGI: <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463904847>
- [58].IPCC. (2023). Summary for Policymakers. En C. W. Team, H. Lee, y J. Romero (Edits.), *Climate Change 2023: Synthesis Report. A Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1-36). Cambridge: Cambridge University Press.
- [59].Jamett Domínguez, G., y Rodrigues Finotti, A. (2005). Evaluación del instrumento caudal ecológico, panorama legal e institucional en Chile y Brasil. *REGA - Revista de Gestão de Água da América Latina*, 2(1), 83-96.
- [60].Jowett, I. G. (1998). Hydraulic geometry of New Zealand rivers and its use as a preliminary method of habitat assessment. *River Research and Applications*, 14(5), 451- 466.
- [61].Khan Academy. (2016). *Estrategias de historias de vida*. Khan Academy: <https://es.khanacademy.org/science/ap-biology/ecology-ap/energy-flow-through-ecosystems/a/life-history-strategies>
- [62].King, J. M., Tharme, R., y Brown, C. (1999). *Definition and Implementation of Instream Flows*. Ciudad del Cabo: Southern Waters Ecological Research and Consulting. <https://www.ramsar.org/sites/default/files/forum/wi/Instream%20Flows.pdf>
- [63].King, J. M., Tharme, R., y De Villiers, M. (2008). *Manual for the Building Block*

- Methodology (updated version). Water Research Commission Report No. TT 354/08.* Ciudad del Cabo: Freshwater Research Unit, University of Cape Town.
- [64]. Kondolf, G. M., Larsen, E. W., y Williams, J. G. (2000). Measuring and Modeling the Hydraulic Environment for Assessing Instream Flows. *North American Journal of Fisheries Management*, 20(4), 1016-1028.
- [65]. Magdaleno Mas, F. (2006). *Principios y técnicas de restauración fluvial*. Retrieved Junio de 2023, from Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico: https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/voluntariado-para-la-conservacion-de-la-biodiversidad/fmadaleno_principiosrestauracion_tcm30-169645.pdf
- [66]. Matthews, R., y Bao, Y. (1991). The Texas method of preliminary instream flow determination. *Rivers*, 2(4), 295-310.
- [67]. Melillo, L. (2022). *Watershed*. Retrieved Mayo de 2022, from <https://www.pinterest.com.mx/pin/251216485453733698/>
- [68]. Molls, T. (2008). *Hydrocalc2000*. Retrieved Mayo de 2023, from <http://hydrocalc2000.com/download.html>
- [69]. Moreno, J. (2002). La evolución de estrategias vitales. En M. Soler (Ed.), *Evolución, la base de la biología* (pp. 159-176). Madrid: Proyecto Sur.
- [70]. Mouton, A., De Baets, B., y Goethals, P. (2013). Data-Driven Fuzzy Habitat Models: Impact of Performance Criteria and Opportunities for Ecohydraulics. En I. Maddock, A. Harby, P. Kemp, y P. Wood (Edits.), *Ecohydraulics: An Integrated Approach* (pp. 93-105). Oxford: Wiley Blackwell.
- [71]. NOAA. (Febrero de 2019). *Water cycle. U.S. National Oceanic and Atmospheric Administration*. NOAA: <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/freshwater/water-cycle>
- [72]. O'Keeffe, J., y Le Quesne, T. (2010). *Cómo conservar los ríos vivos. Guía sobre los caudales ecológicos*. Red del agua UNAM: http://www.agua.unam.mx/humedales/assets/materialdifusion/WWF_ComoConservarLosRiosVivos.pdf
- [73]. Organización Meteorológica Mundial. (2019). *Guidance on Environmental Flows: Integrating E-flow Science with Fluvial Geomorphology to Maintain Ecosystem Services*. Ginebra: WMO Publications Board.
- [74]. Pantoja Valencia, N. (2017). *Estimación de caudales ecológicos mediante métodos hidráulicos, hidrológicos y ecológicos en la quebrada El Conejo (Mocoa-Putumayo)*. Bogotá: Universidad Pontificia Javeriana. <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21157/PantojaValenciaNatalia2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [75]. Poff, N. L., Richter, B. D., Arthington, A. H., y Bunn, S. E. (2010). The Ecological

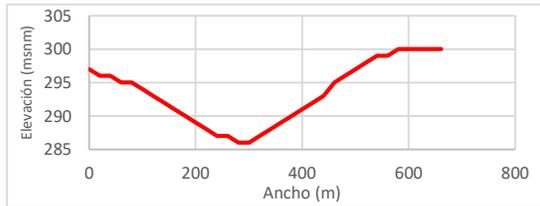
- Limits of Hydrologic Alteration (ELOHA): A New Framework for Developing Regional Environmental Flow Standards. *Freshwater Biology*, 55(1), 147-160.
- [76]. Poff, N. L., y Matthews, J. H. (2013). Environmental flows in the Anthropocene: past progress and future prospects. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 667-675.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.11.006>
- [77]. Ramírez, R. (2015). *Estrategias de vida relacionadas con la reproducción*. Ministerio de Educación de la Nación Argentina:
<https://www.educ.ar/recursos/14331/estrategias-de-vida-relacionadas-con-la-reproduccion>
- [78]. Reiser, D. W., Wesche, T. A., y Estes, C. (1989). Status of Instream Flow Legislation and Practices in North America. *Fisheries*, 14(2), 22-29.
- [79]. Richter, B., Baumgartner, J., Wigington, R., y Braun, D. (1997). How much water does a river need? *Freshwater biology*, 37(1), 231-249.
<https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00153.x>
- [80]. Rye, C., Wise, R., Jurukovski, V., DeSaix, J., Choi, J., y Avissar, Y. (Octubre de 2016). *45.2 Life Histories and Natural Selection - Biology*. OpenStax:
<https://openstax.org/books/biology/pages/45-2-life-histories-and-natural-selection>
- [81]. Salinas-Rodríguez, S. (20 de Agosto de 2011). *Guía rápida para la determinación de caudales ecológicos*. Retrieved Noviembre de 2022, from <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/GUIA.pdf>
- [82]. Sans, C. A. (Marzo de 2018). El Golfo de California en su Totalidad como Aguas Interiores o Territoriales Mexicanas. *Revista del Centro de Estudios Superiores Navales (CESNAV)*, 39(1), 95-126.
https://cesnav.uninav.edu.mx/cesnav/revista_pdf/2018/2018-1.pdf
- [83]. Stalnaker, C., Lamb, B. L., Henriksen, J., Bovee, K., y Bartholow, J. (1994). *The Instream Flow Incremental Methodology: A Primer for IFIM*. Fort Collins, Colorado: U.S. Department of the Interior. National Biological Service, Internal Publication.
- [84]. Stalnaker, C., y Arnette, S. (1976). *Methodologies for the Determination of Stream Resource Flow Requirements: An Assessment*. Logan, Utah: U.S. Fish and Wildlife Service.
- [85]. State Government of Victoria. (2022). *Invasive species in waterways - Water and catchments*. Retrieved 10 de Octubre de 2022, from <https://www.water.vic.gov.au/waterways-and-catchments/our-waterways/invasive-species-in-waterways>
- [86]. Tennant, D. L. (1976). Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources. *Fisheries*, 1(4), 6-10.
[https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1976\)001<0006:IFRFFW>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1976)001<0006:IFRFFW>2.0.CO;2)

- [87]. Tharme, R. (2003). A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. *River Research and Applications*, 19(5-6), 397-441. Retrieved Marzo de 2022, from https://www.waterboards.ca.gov/water_rights/water_issues/programs/bay_delta/deltaflow/docs/exhibits/swrcb/swrcb_tharme2003.pdf
- [88]. The Brisbane Declaration. (2007). Environmental Flows are Essential for Freshwater Ecosystem Health and Human Well-Being. *10th International River Symposium and International Environmental Flows Conference*. Brisbane. Retrieved Marzo de 2022, from <https://www.conservationgateway.org/ConservationPractices/Freshwater/EnvironmentalFlows/MethodsandTools/ELOHA/Documents/Brisbane-Declaration-English.pdf>
- [89]. UICN. (2021). *Caudales Ambientales*. Retrieved Marzo de 2022, from International Union for Conservation of Nature - IUCN: <https://www.iucn.org/ur/node/524>
- [90]. UICN. (2022). *Acerca de la UICN*. International Union for Conservation of Nature - IUCN: <https://www.iucn.org/es/acerca-de-la-uicn>
- [91]. USDA. (Agosto de 2007). *Chapter 6 Channel Hydraulics - Part 654 Stream Restoration Design- National Engineering Handbook*. United States Department of Agriculture Electronic Directives System: <https://directives.sc.egov.usda.gov/OpenNonWebContent.aspx?content=17782.wba>
- [92]. USGS Water Science School. (25 de Octubre de 2019). *The distribution of water on, in, and above the Earth*. U.S. Geological Survey: <https://www.usgs.gov/media/images/distribution-water-and-above-earth>
- [93]. Vera, C., y Camilloni, I. (Agosto de 2012). *El ciclo del agua*. Portal educativo del Ministerio de Educación de la Nación Argentina: <https://www.educ.ar/file/%249c99eb9a7b76aba39f891ec49197ef51e8e21969c1513a195e9f2bab1546f7b8>
- [94]. Ward, J. V., y Tockner, K. (2001). Biodiversity: towards a unifying theme for river ecology. *Freshwater Biology*, 46(6), 807-819.
- [95]. Williams, J. G., Moyle, P. B., Webb, J. A., y Kondolf, G. M. (2019). *Environmental Flow Assessment: Methods and Applications*. Hoboken: Wiley-Blackwell.
- [96]. WWF México. (Octubre de 2010). *Caudal ecológico. Salud al ambiente, agua para la gente*. World Wide Fund for Nature: http://awsassets.panda.org/downloads/fs_caudal_ecologico.pdf
- [97]. Yépez Martínez, V. V. (2016). *Bases y criterios para la determinación del caudal ecológico en ríos altoandinos tropicales*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.

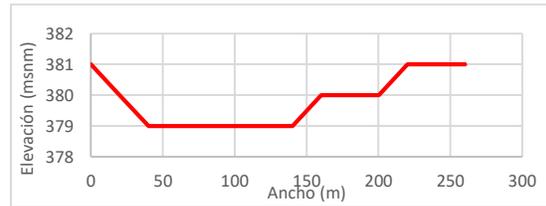
8. Anexos

8.1. Anexo I. Perfiles batimétricos

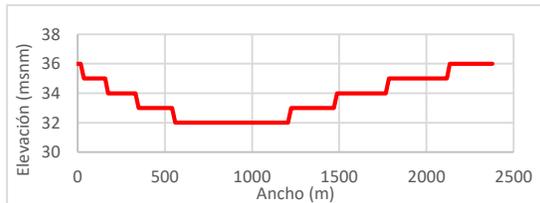
A continuación, se presentan los perfiles batimétricos de las secciones transversales para los ríos en estudio. Todas las figuras son de elaboración propia basada en datos de INEGI (2013).



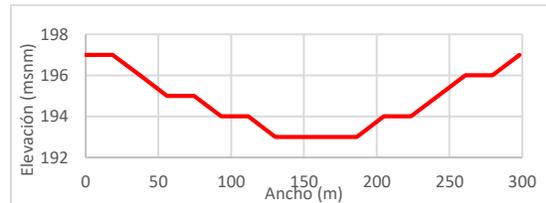
Perfil batimétrico E.H. 08018 - Pitiquito II



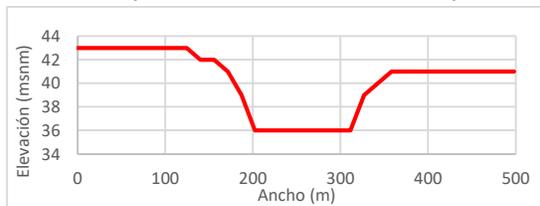
Perfil batimétrico E.H. 08025 - Sonoita II



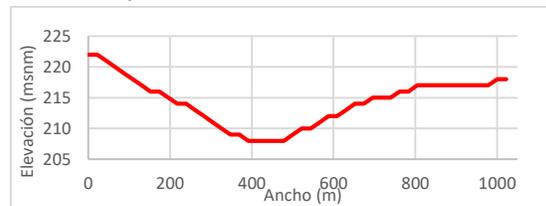
Perfil batimétrico E.H. 09002 - Navojoa



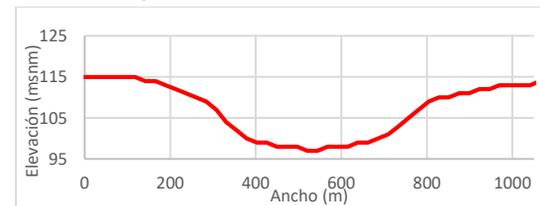
Perfil batimétrico E.H. 09027 - Hermosillo



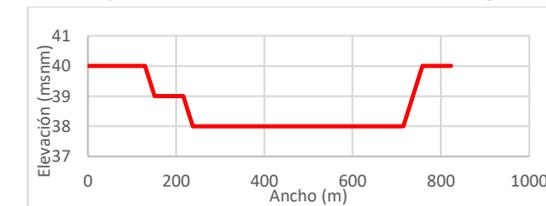
Perfil batimétrico E.H. 09032 - Chiculi



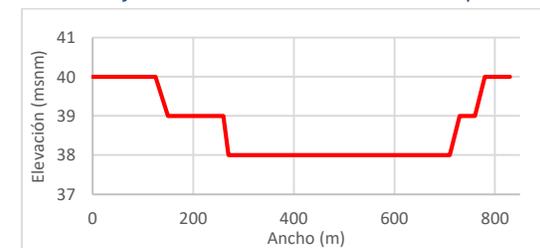
Perfil batimétrico E.H. 09063 - Punta de Agua



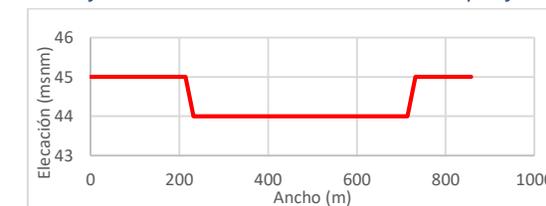
Perfil batimétrico E.H. 09089 - Cocoraque



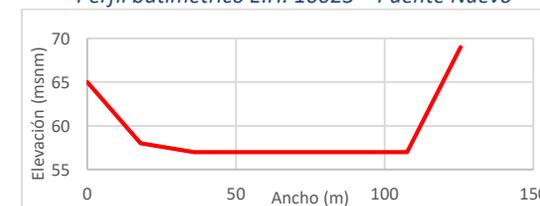
Perfil batimétrico E.H. 10018 - Puente Sudpacífico



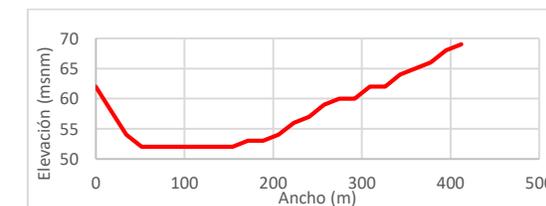
Perfil batimétrico E.H. 10023 - Puente Nuevo



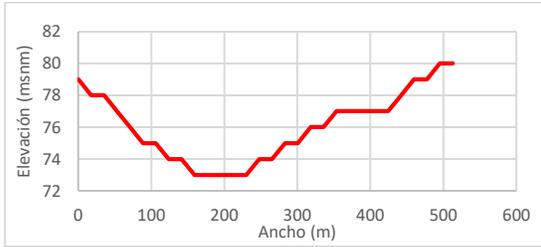
Perfil batimétrico E.H. 10031 - Guamúchil



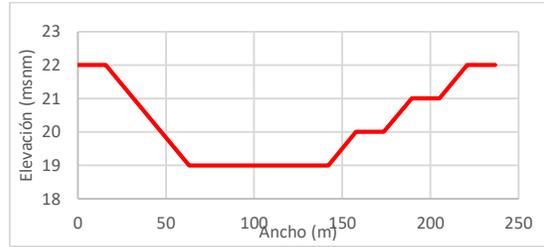
Perfil batimétrico E.H. 10040 - Santa Cruz



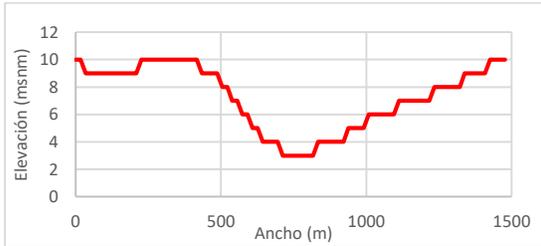
Perfil batimétrico E.H. 10065 - Ixpalino



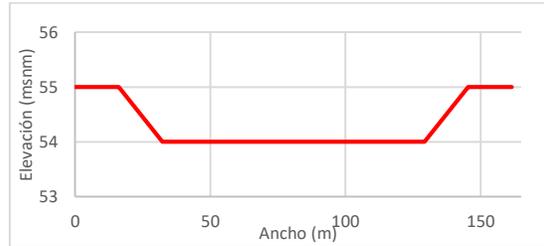
Perfil batimétrico E.H. 10070 – Acatitan



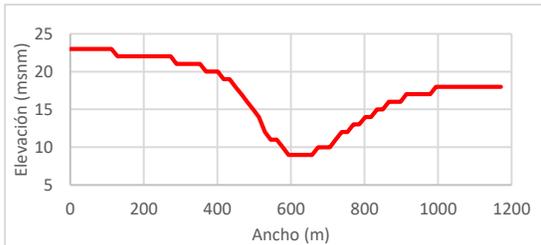
Perfil batimétrico E.H. 10083 – El Quelite



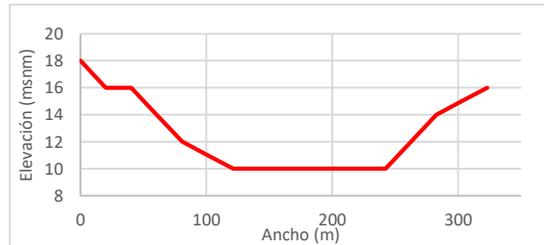
Perfil batimétrico E.H. 10085 – San Miguel Z



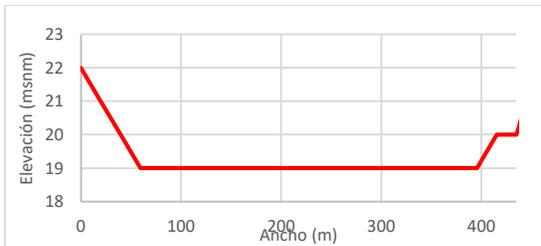
Perfil batimétrico E.H. 10086 – Pericos



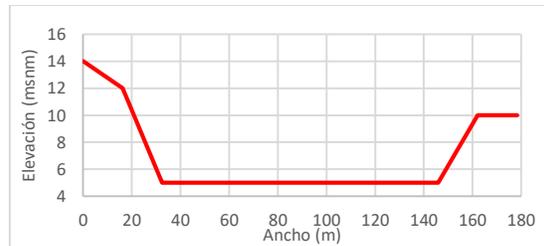
Perfil batimétrico E.H. 10120 – Guasave Puente Carretera



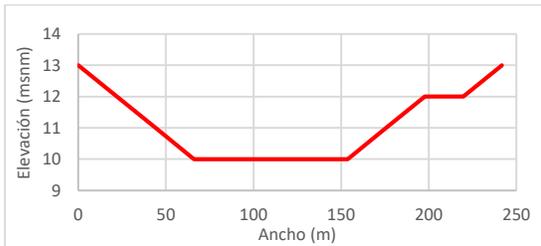
Perfil batimétrico E.H. 11012 – San Pedro



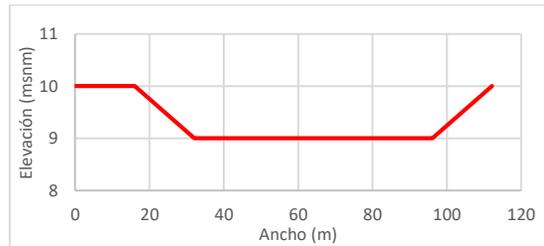
Perfil batimétrico E.H. 11014 – Acaponeta



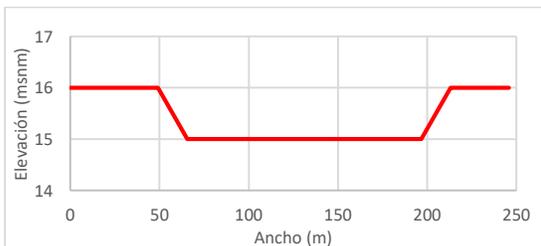
Perfil batimétrico E.H. 11016 – Baluarte



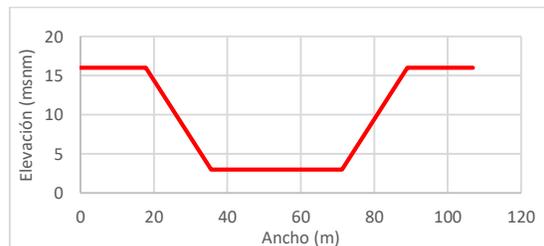
Perfil batimétrico E.H. 11030 – El Bejuco



Perfil batimétrico E.H. 11035 – La Ballona



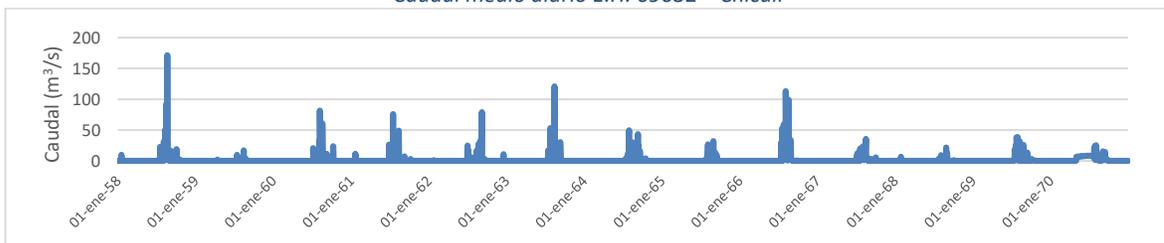
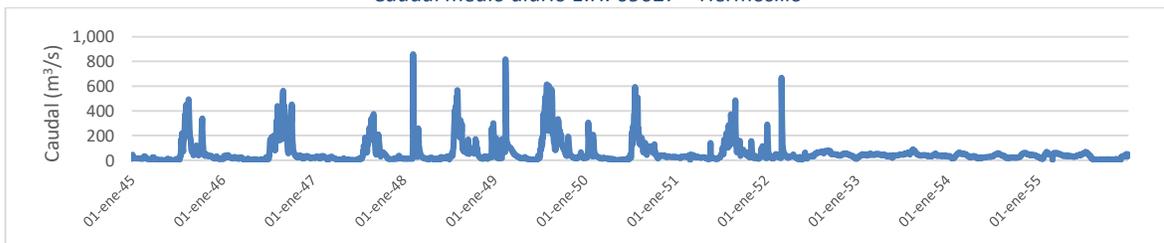
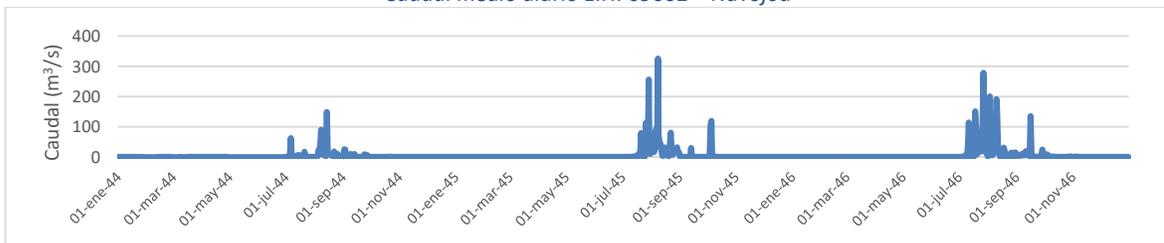
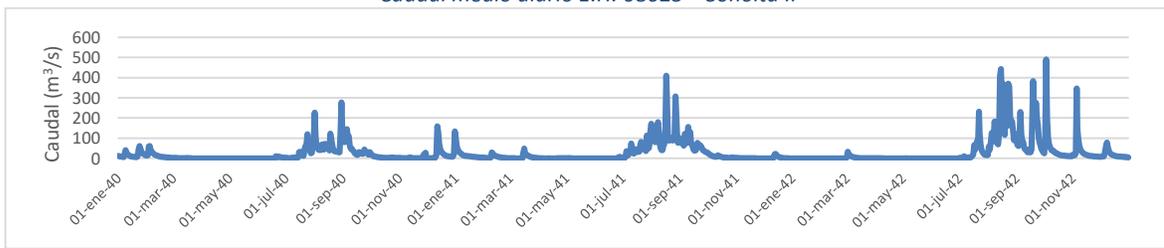
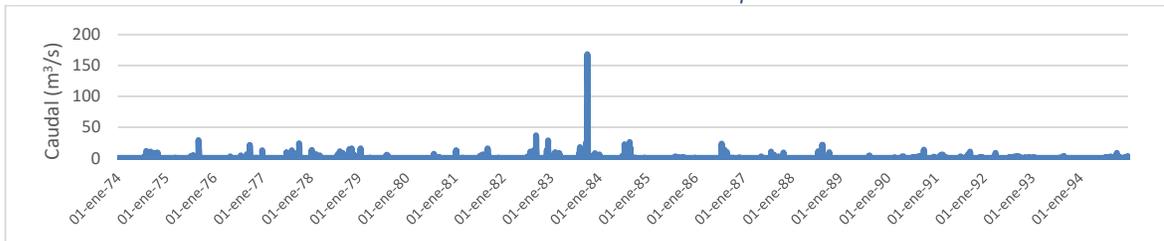
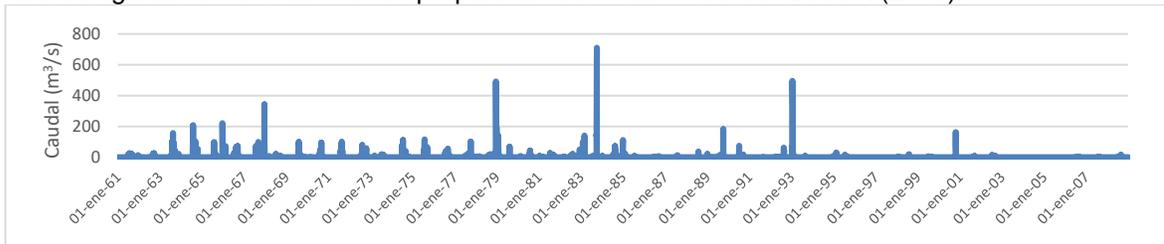
Perfil batimétrico E.H. 11046 – Rosa Morada

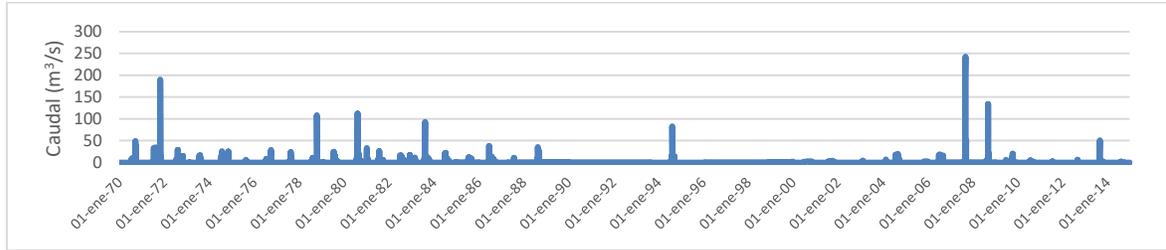


Perfil batimétrico E.H. 11058 – Siqueros

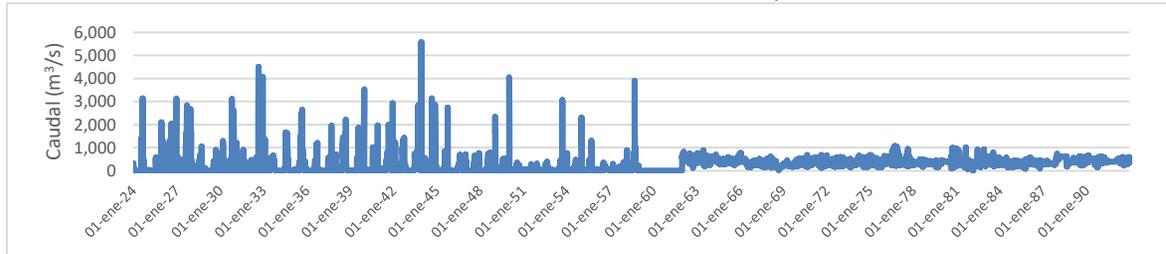
8.2. Anexo II. Caudal medio diario

Todas las figuras son de elaboración propia basada en datos de CONAGUA (2016).

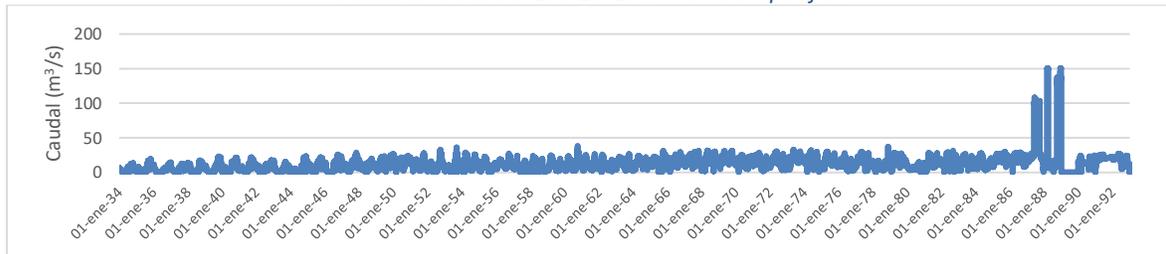




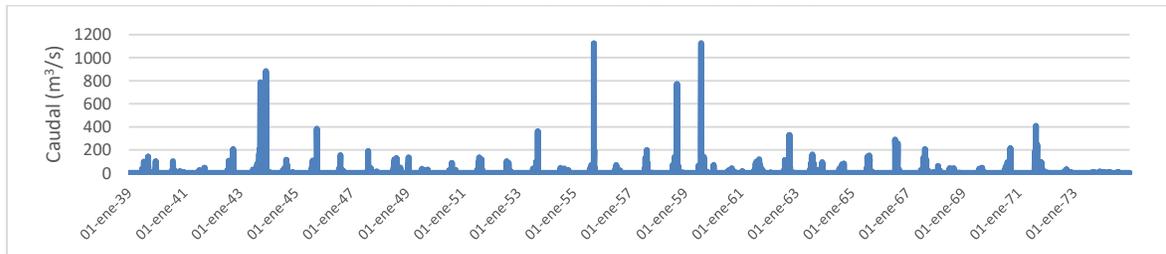
Caudal medio diario E.H. 09089 – Cocoraque



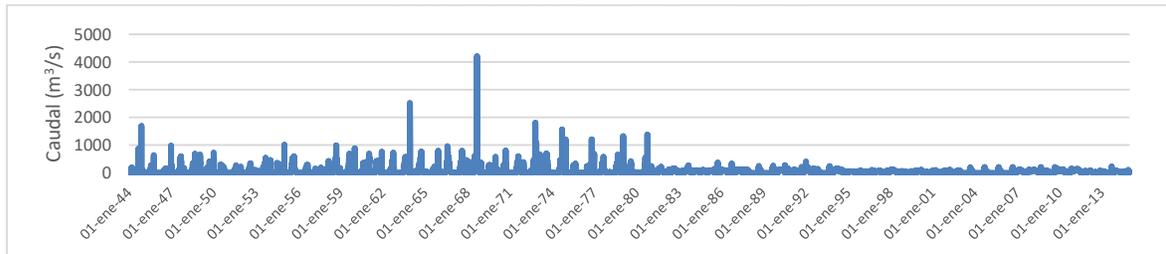
Caudal medio diario E.H. 10018 – Puente Sudpacífico



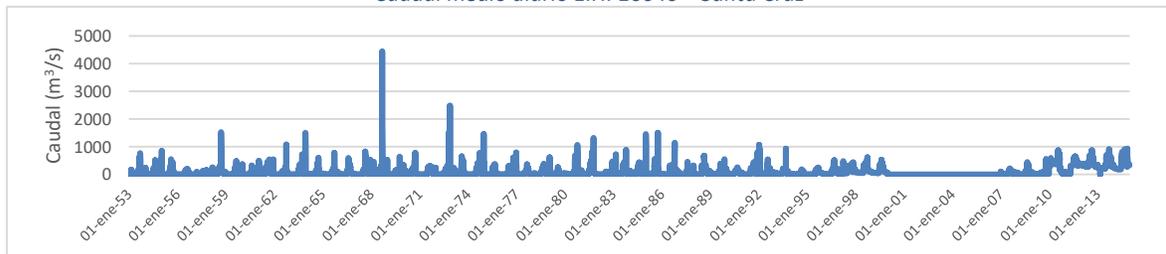
Caudal medio diario E.H. 10023 – Puente Nuevo



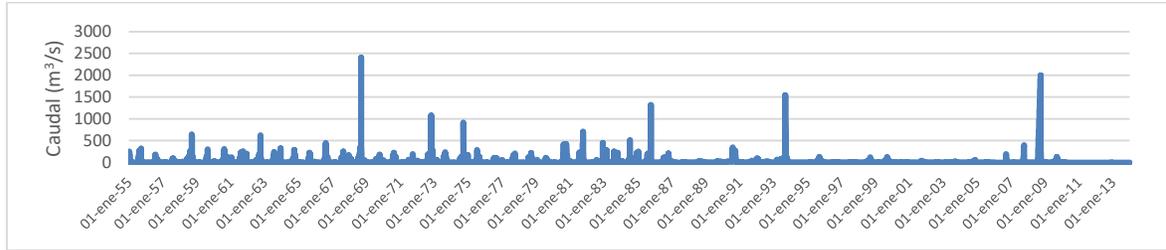
Caudal medio diario E.H. 10031 – Guamúchil



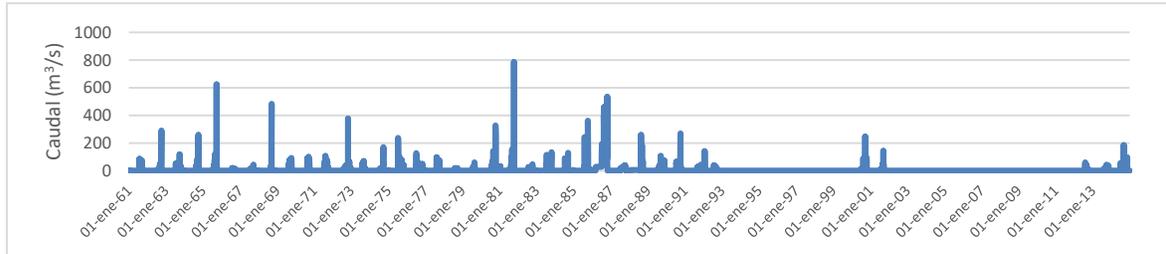
Caudal medio diario E.H. 10040 – Santa Cruz



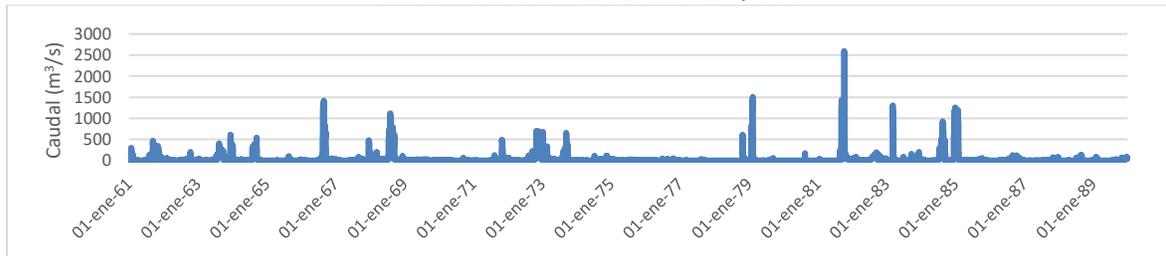
Caudal medio diario E.H. 10065 – Ixpalino



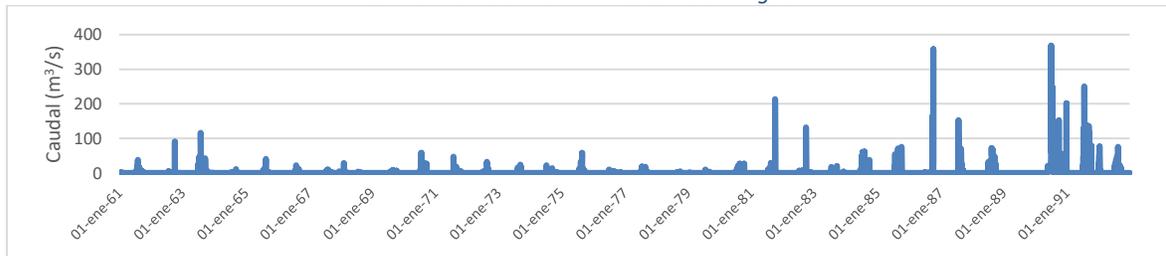
Caudal medio diario E.H. 10070 – Acatitan



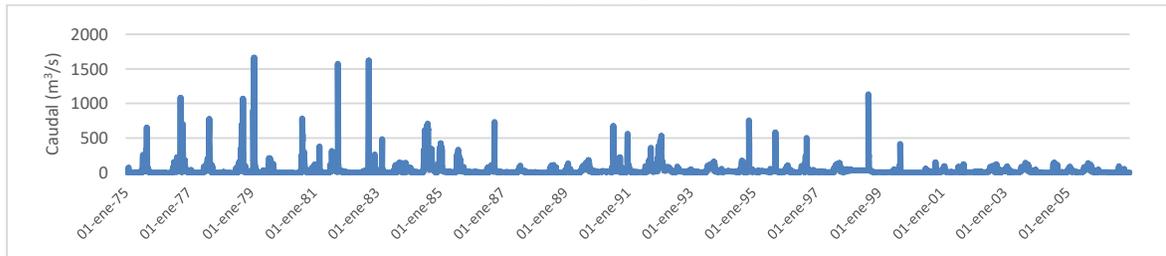
Caudal medio diario E.H. 10083 – El Quelite



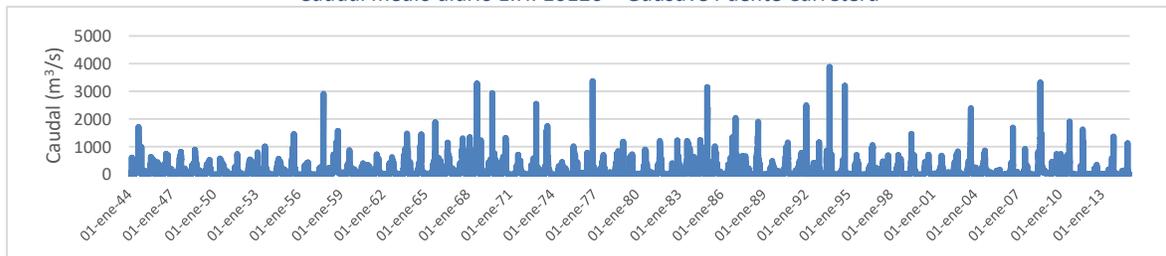
Caudal medio diario E.H. 10085 – San Miguel Z



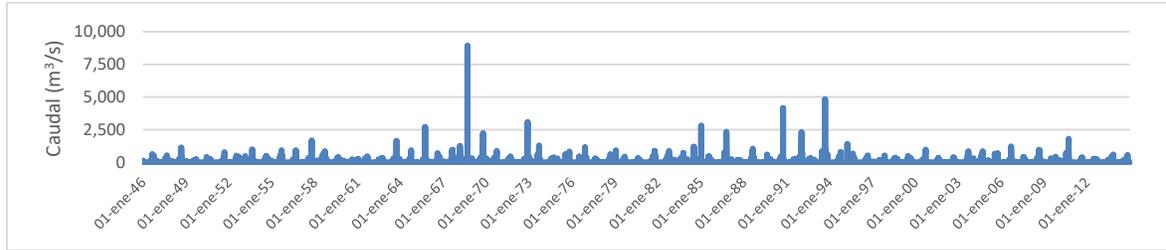
Caudal medio diario E.H. 10086 - Pericos



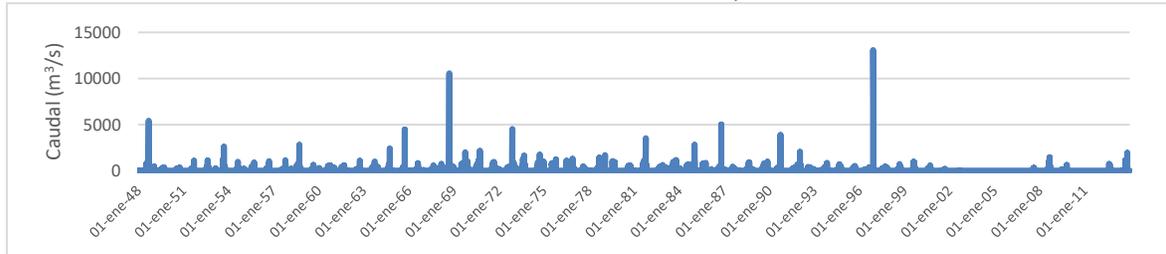
Caudal medio diario E.H. 10120 – Guasave Puente Carretera



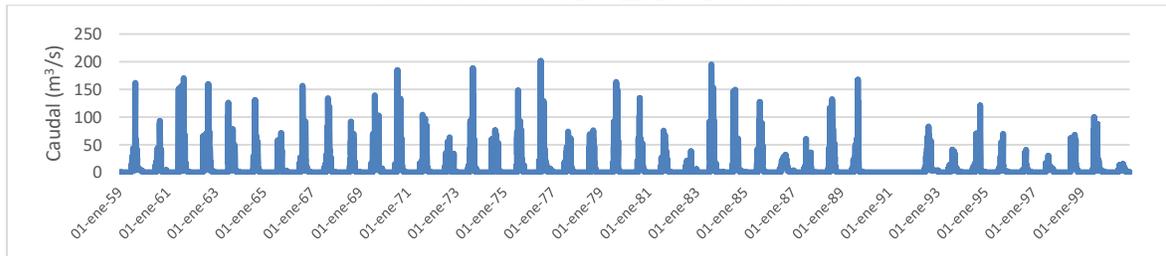
Caudal medio diario E.H. 11012 – San Pedro



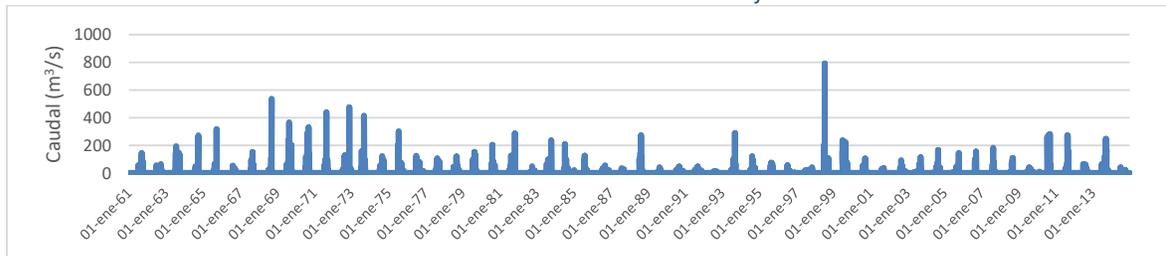
Caudal medio diario E.H. 11014 - Acaponeta



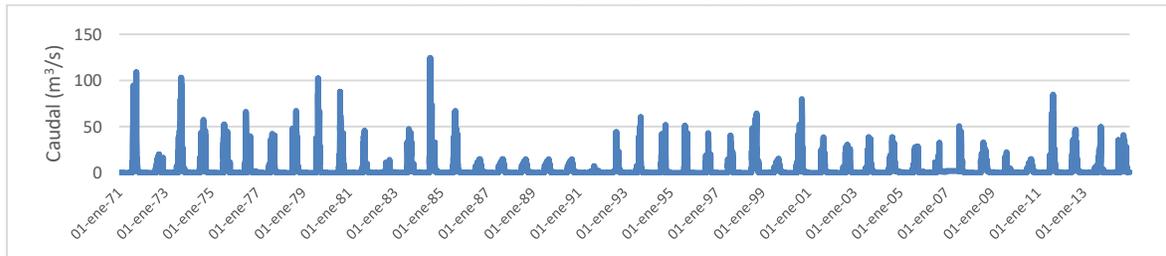
Caudal medio diario E.H. 11016 - Baluarte II



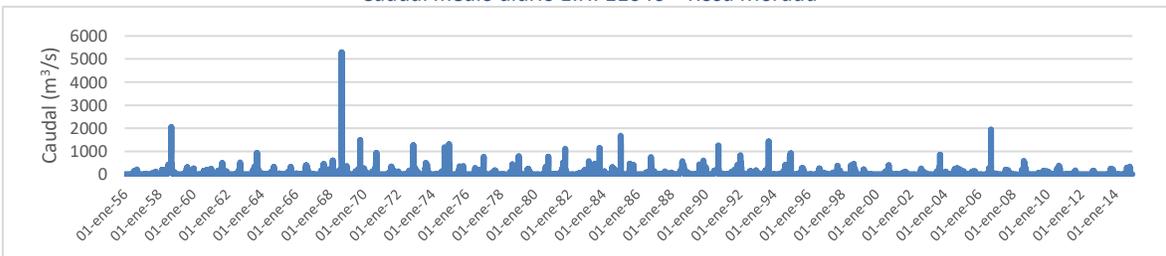
Caudal medio diario E.H. 11030 - El Bejuco



Caudal medio diario E.H. 11035 - La Ballona



Caudal medio diario E.H. 11046 - Rosa Morada



Caudal medio diario E.H. 11058 - Siqueros

8.3. Anexo III. Caudales ordinarios mínimos y máximos (RHN VS RHA)

Todas las tablas son de elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 08018 Pitiquito II						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	2.58	45.43	24.00	35.00	68.57	
Febrero	1.86	19.38	29.00	35.00	82.86	
Marzo	1.42	6.21	24.00	35.00	68.57	
Abril	1.30	3.06	19.00	35.00	54.29	
Mayo	1.10	2.98	23.00	35.00	65.71	
Junio	1.80	30.73	28.00	35.00	80.00	
Julio	30.37	152.46	28.00	35.00	80.00	
Agosto	63.35	229.81	31.00	35.00	88.57	
Septiembre	73.27	264.14	27.00	35.00	77.14	
Octubre	12.67	122.75	29.00	35.00	82.86	
Noviembre	3.23	40.68	27.00	35.00	77.14	
Diciembre	2.86	41.83	30.00	35.00	85.71	
Total mensual			319.00	420.00	75.95	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	195.79	959.47	34.00	35.00		
Caudal medio anual	16.32	79.96	34.00	35.00	97.14	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 08025 Sonoita II						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.04	1.53	7.00	11.00	63.64	
Febrero	0.06	1.45	4.00	11.00	36.36	
Marzo	0.04	1.04	6.00	11.00	54.55	
Abril	0.01	0.12	5.00	11.00	45.45	
Mayo	0.00	0.10	7.00	11.00	63.64	
Junio	0.00	0.01	3.00	11.00	27.27	
Julio	0.04	0.82	6.00	11.00	54.55	
Agosto	0.02	1.96	9.00	11.00	81.82	
Septiembre	0.04	5.27	9.00	11.00	81.82	
Octubre	0.01	17.70	9.00	11.00	81.82	
Noviembre	0.00	1.27	11.00	11.00	100.00	
Diciembre	0.06	3.37	6.00	11.00	54.55	
Total mensual			82.00	132.00	62.12	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	0.34	34.64	11.00	11.00		
Caudal medio anual	0.03	2.89	11.00	11.00	100.00	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 09063 Punta de Agua						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.01	0.75	1.00	6.00	16.67	
Febrero	0.00	0.02	0.00	6.00	0.00	
Marzo	0.01	0.02	5.00	6.00	83.33	
Abril	0.01	0.04	6.00	6.00	100.00	
Mayo	0.01	0.01	6.00	6.00	100.00	
Junio	0.01	0.45	6.00	6.00	100.00	
Julio	1.16	5.64	2.00	6.00	33.33	
Agosto	2.38	15.19	4.00	6.00	66.67	
Septiembre	0.19	3.63	5.00	6.00	83.33	
Octubre	0.01	1.19	6.00	6.00	100.00	
Noviembre	0.01	0.05	6.00	6.00	100.00	
Diciembre	0.01	0.20	6.00	6.00	100.00	
Total mensual			53.00	72.00	73.61	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	3.81	27.20	4.00	6.00		
Caudal medio anual	0.32	2.27	4.00	6.00	66.67	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 09089 Cocoraque

Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.01	0.35	22.00	26.00	84.62	
Febrero	0.01	0.32	20.00	26.00	76.92	
Marzo	0.01	0.35	20.00	26.00	76.92	
Abril	0.01	0.13	18.00	26.00	69.23	
Mayo	0.01	0.13	18.00	26.00	69.23	
Junio	0.01	0.31	19.00	26.00	73.08	
Julio	0.09	2.34	14.00	26.00	53.85	
Agosto	0.08	5.32	16.00	26.00	61.54	
Septiembre	0.05	2.08	16.00	26.00	61.54	
Octubre	0.01	3.57	26.00	26.00	100.00	
Noviembre	0.01	0.87	24.00	26.00	92.31	
Diciembre	0.01	0.70	22.00	26.00	84.62	
Total mensual			235.00	312.00	75.32	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	0.31	16.47	22.00	26.00		
Caudal medio anual	0.03	1.37	22.00	26.00	84.62	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10018 Puente Sudpacífico

Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	10.32	243.18	0.00	31.00	0.00	
Febrero	6.36	119.22	0.00	31.00	0.00	
Marzo	3.63	109.65	0.00	31.00	0.00	
Abril	2.17	38.23	0.00	31.00	0.00	
Mayo	1.55	39.29	0.00	31.00	0.00	
Junio	3.19	66.33	0.00	31.00	0.00	
Julio	51.36	349.60	14.00	31.00	45.16	
Agosto	90.31	501.57	29.00	31.00	93.55	
Septiembre	44.09	670.80	30.00	31.00	96.77	
Octubre	26.54	240.67	5.00	31.00	16.13	
Noviembre	11.88	70.59	0.00	31.00	0.00	
Diciembre	10.52	477.67	26.00	31.00	83.87	
Total mensual			104.00	372.00	27.96	ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	261.91	2926.80	1.00	31.00		
Caudal medio anual	21.83	243.90	1.00	31.00	3.23	ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10023 Puente Nuevo

Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	1.76	11.64	18.00	29.00	62.07	
Febrero	2.74	11.97	12.00	29.00	41.38	
Marzo	0.72	21.30	25.00	29.00	86.21	
Abril	0.24	17.89	8.00	29.00	27.59	
Mayo	0.00	16.17	4.00	29.00	13.79	
Junio	0.06	11.64	6.00	29.00	20.69	
Julio	1.65	9.81	8.00	29.00	27.59	
Agosto	4.11	13.82	14.00	29.00	48.28	
Septiembre	6.10	17.76	17.00	29.00	58.62	
Octubre	4.97	23.31	22.00	29.00	75.86	
Noviembre	3.53	19.18	24.00	29.00	82.76	
Diciembre	3.53	13.11	16.00	29.00	55.17	
Total mensual			174.00	348.00	50.00	ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	29.41	187.59	12.00	29.00		
Caudal medio anual	2.45	15.63	12.00	29.00	41.38	ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10031 Guamúchil						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.02	5.75	14.00	18.00	77.78	
Febrero	0.00	2.10	12.00	18.00	66.67	
Marzo	0.00	0.85	16.00	18.00	88.89	
Abril	0.00	0.11	16.00	18.00	88.89	
Mayo	0.00	0.00	18.00	18.00	100.00	
Junio	0.00	3.49	18.00	18.00	100.00	
Julio	0.67	10.04	12.00	18.00	66.67	
Agosto	2.94	20.08	7.00	18.00	38.89	
Septiembre	2.15	61.89	16.00	18.00	88.89	
Octubre	0.28	19.65	16.00	18.00	88.89	
Noviembre	0.03	1.46	12.00	18.00	66.67	
Diciembre	0.02	12.80	17.00	18.00	94.44	
Total mensual			174.00	216.00	80.56	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	6.12	138.21	18.00	18.00		
Caudal medio anual	0.51	11.52	18.00	18.00	100.00	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10040 Santa Cruz						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	4.71	136.25	25.00	27.00	92.59	
Febrero	3.91	64.86	13.00	27.00	48.15	
Marzo	2.87	26.17	1.00	27.00	3.70	
Abril	2.24	6.59	0.00	27.00	0.00	
Mayo	1.67	4.66	0.00	27.00	0.00	
Junio	2.79	19.52	11.00	27.00	40.74	
Julio	31.88	148.63	7.00	27.00	25.93	
Agosto	66.60	304.02	6.00	27.00	22.22	
Septiembre	43.24	290.57	10.00	27.00	37.04	
Octubre	10.88	129.70	26.00	27.00	96.30	
Noviembre	5.91	60.49	14.00	27.00	51.85	
Diciembre	5.72	92.52	24.00	27.00	88.89	
Total mensual			137.00	324.00	42.28	ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	182.43	1283.97	27.00	27.00		
Caudal medio anual	15.20	107.00	27.00	27.00	100.00	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10065 Ixpalino						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	4.06	90.05	19.00	28.00	67.86	
Febrero	2.84	42.09	18.00	28.00	64.29	
Marzo	1.85	16.67	16.00	28.00	57.14	
Abril	1.03	5.01	11.00	28.00	39.29	
Mayo	0.71	3.15	8.00	28.00	28.57	
Junio	1.43	23.54	15.00	28.00	53.57	
Julio	29.70	110.37	13.00	28.00	46.43	
Agosto	52.58	252.58	18.00	28.00	64.29	
Septiembre	51.57	267.57	22.00	28.00	78.57	
Octubre	16.32	106.96	15.00	28.00	53.57	
Noviembre	5.24	52.31	20.00	28.00	71.43	
Diciembre	5.62	79.04	19.00	28.00	67.86	
Total mensual			194.00	336.00	57.74	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	172.94	1049.34	19.00	28.00		
Caudal medio anual	14.41	87.44	19.00	28.00	67.86	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10070 Acatitan						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.38	9.74	23.00	31.00	74.19	
Febrero	0.42	4.41	20.00	31.00	64.52	
Marzo	0.31	1.77	4.00	31.00	12.90	
Abril	0.17	0.67	6.00	31.00	19.35	
Mayo	0.11	0.42	5.00	31.00	16.13	
Junio	0.13	3.61	15.00	31.00	48.39	
Julio	5.73	46.36	9.00	31.00	29.03	
Agosto	11.48	71.07	11.00	31.00	35.48	
Septiembre	11.10	89.34	16.00	31.00	51.61	
Octubre	2.89	55.86	18.00	31.00	58.06	
Noviembre	0.70	11.94	24.00	31.00	77.42	
Diciembre	0.72	15.98	25.00	31.00	80.65	
Total mensual			176.00	372.00	47.31	ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	34.14	311.16	19.00	31.00		
Caudal medio anual	2.84	25.93	19.00	31.00	61.29	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10083 El Quelite						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.03	0.66	13.00	19.00	68.42	
Febrero	0.01	0.15	11.00	19.00	57.89	
Marzo	0.01	0.12	8.00	19.00	42.11	
Abril	0.00	0.05	14.00	19.00	73.68	
Mayo	0.00	0.04	14.00	19.00	73.68	
Junio	0.00	0.02	13.00	19.00	68.42	
Julio	0.00	14.39	18.00	19.00	94.74	
Agosto	2.09	18.84	14.00	19.00	73.68	
Septiembre	3.91	29.46	16.00	19.00	84.21	
Octubre	0.84	19.43	11.00	19.00	57.89	
Noviembre	0.07	2.44	12.00	19.00	63.16	
Diciembre	0.03	0.83	13.00	19.00	68.42	
Total mensual			157.00	228.00	68.86	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	6.98	86.43	18.00	19.00		
Caudal medio anual	0.58	7.20	18.00	19.00	94.74	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10085 San Miguel Z						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	2.77	139.41	12.00	15.00	80.00	
Febrero	1.73	60.79	11.00	15.00	73.33	
Marzo	1.15	44.55	12.00	15.00	80.00	
Abril	1.59	21.65	12.00	15.00	80.00	
Mayo	1.27	19.63	12.00	15.00	80.00	
Junio	1.70	18.33	12.00	15.00	80.00	
Julio	2.57	176.25	11.00	15.00	73.33	
Agosto	6.07	538.25	12.00	15.00	80.00	
Septiembre	5.56	456.89	13.00	15.00	86.67	
Octubre	2.68	88.01	11.00	15.00	73.33	
Noviembre	1.46	299.28	13.00	15.00	86.67	
Diciembre	3.71	212.83	10.00	15.00	66.67	
Total mensual			141.00	180.00	78.33	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	32.25	2075.85	14.00	15.00		
Caudal medio anual	2.69	172.99	14.00	15.00	93.33	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10086 Pericos						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.00	0.13	10.00	16.00	62.50	
Febrero	0.00	0.40	16.00	16.00	100.00	
Marzo	0.00	0.16	10.00	16.00	62.50	
Abril	0.00	0.07	6.00	16.00	37.50	
Mayo	0.00	0.08	8.00	16.00	50.00	
Junio	0.00	0.07	5.00	16.00	31.25	
Julio	0.11	5.97	12.00	16.00	75.00	
Agosto	0.45	5.06	4.00	16.00	25.00	
Septiembre	0.32	3.61	11.00	16.00	68.75	
Octubre	0.00	1.66	10.00	16.00	62.50	
Noviembre	0.00	0.37	15.00	16.00	93.75	
Diciembre	0.00	0.28	14.00	16.00	87.50	
Total mensual			121.00	192.00	63.02	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	0.89	17.86	9.00	16.00		
Caudal medio anual	0.07	1.49	9.00	16.00	56.25	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 10120 Guasave Puente Carretera						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.30	141.23	15.00	16.00	93.75	
Febrero	0.23	99.47	15.00	16.00	93.75	
Marzo	0.17	52.54	16.00	16.00	100.00	
Abril	0.12	12.21	12.00	16.00	75.00	
Mayo	0.06	9.19	12.00	16.00	75.00	
Junio	0.04	12.30	12.00	16.00	75.00	
Julio	2.16	183.90	16.00	16.00	100.00	
Agosto	18.01	267.62	13.00	16.00	81.25	
Septiembre	20.86	176.22	11.00	16.00	68.75	
Octubre	1.23	140.27	16.00	16.00	100.00	
Noviembre	0.51	37.08	14.00	16.00	87.50	
Diciembre	0.39	51.67	15.00	16.00	93.75	
Total mensual			167.00	192.00	86.98	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	44.07	1183.69	16.00	16.00		
Caudal medio anual	3.67	98.64	16.00	16.00	100.00	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 11012 San Pedro						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	4.52	63.30	22.00	36.00	61.11	
Febrero	3.94	41.96	17.00	36.00	47.22	
Marzo	2.75	23.34	14.00	36.00	38.89	
Abril	1.39	7.86	13.00	36.00	36.11	
Mayo	0.94	5.74	16.00	36.00	44.44	
Junio	3.75	60.42	27.00	36.00	75.00	
Julio	73.76	274.60	26.00	36.00	72.22	
Agosto	120.57	412.30	26.00	36.00	72.22	
Septiembre	136.20	592.55	29.00	36.00	80.56	
Octubre	37.94	235.19	27.00	36.00	75.00	
Noviembre	9.63	157.28	28.00	36.00	77.78	
Diciembre	4.87	81.48	26.00	36.00	72.22	
Total mensual			271.00	432.00	62.73	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	400.27	1956.01	33.00	36.00		
Caudal medio anual	33.36	163.00	33.00	36.00	91.67	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 11014 Acajoneta

Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	2.58	45.43	24.00	35.00	68.57	
Febrero	1.86	19.38	29.00	35.00	82.86	
Marzo	1.42	6.21	24.00	35.00	68.57	
Abril	1.30	3.06	19.00	35.00	54.29	
Mayo	1.10	2.98	23.00	35.00	65.71	
Junio	1.80	30.73	28.00	35.00	80.00	
Julio	30.37	152.46	28.00	35.00	80.00	
Agosto	63.35	229.81	31.00	35.00	88.57	
Septiembre	73.27	264.14	27.00	35.00	77.14	
Octubre	12.67	122.75	29.00	35.00	82.86	
Noviembre	3.23	40.68	27.00	35.00	77.14	
Diciembre	2.86	41.83	30.00	35.00	85.71	
Total mensual			319.00	420.00	75.95	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	195.79	959.47	34.00	35.00		
Caudal medio anual	16.32	79.96	34.00	35.00	97.14	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 11016 Baluarte II

Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	1.91	44.70	22.00	30.00	73.33	
Febrero	1.17	22.94	27.00	30.00	90.00	
Marzo	0.64	6.65	20.00	30.00	66.67	
Abril	0.35	2.66	16.00	30.00	53.33	
Mayo	0.17	1.41	10.00	30.00	33.33	
Junio	0.74	29.60	24.00	30.00	80.00	
Julio	41.67	209.10	21.00	30.00	70.00	
Agosto	69.70	278.63	19.00	30.00	63.33	
Septiembre	66.44	509.85	25.00	30.00	83.33	
Octubre	17.94	141.99	16.00	30.00	53.33	
Noviembre	3.56	65.30	21.00	30.00	70.00	
Diciembre	2.82	61.63	22.00	30.00	73.33	
Total mensual			243.00	360.00	67.50	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	207.11	1374.46	23.00	30.00		
Caudal medio anual	17.26	114.54	23.00	30.00	76.67	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 11030 El Bejuco

Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.08	0.60	10.00	20.00	50.00	
Febrero	0.03	0.18	9.00	20.00	45.00	
Marzo	0.00	0.09	19.00	20.00	95.00	
Abril	0.00	0.05	20.00	20.00	100.00	
Mayo	0.00	0.02	20.00	20.00	100.00	
Junio	0.00	5.70	20.00	20.00	100.00	
Julio	2.01	26.52	17.00	20.00	85.00	
Agosto	9.14	28.28	10.00	20.00	50.00	
Septiembre	10.88	39.47	13.00	20.00	65.00	
Octubre	2.43	12.00	16.00	20.00	80.00	
Noviembre	0.49	3.31	13.00	20.00	65.00	
Diciembre	0.21	1.25	11.00	20.00	55.00	
Total mensual			178.00	240.00	74.17	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	25.27	117.47	16.00	20.00		
Caudal medio anual	2.11	9.79	16.00	20.00	80.00	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 11035 La Ballona						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.03	0.65	12.00	27.00	44.44	
Febrero	0.02	0.17	10.00	27.00	37.04	
Marzo	0.01	0.05	7.00	27.00	25.93	
Abril	0.00	0.02	11.00	27.00	40.74	
Mayo	0.00	0.01	10.00	27.00	37.04	
Junio	0.00	0.64	11.00	27.00	40.74	
Julio	0.41	20.65	20.00	27.00	74.07	
Agosto	4.14	36.50	17.00	27.00	62.96	
Septiembre	5.35	40.33	20.00	27.00	74.07	
Octubre	0.86	13.85	20.00	27.00	74.07	
Noviembre	0.13	2.22	18.00	27.00	66.67	
Diciembre	0.05	0.64	17.00	27.00	62.96	
Total mensual			173.00	324.00	53.40	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	10.99	115.75	25.00	27.00		
Caudal medio anual	0.92	9.65	25.00	27.00	92.59	NO ALTERADA

Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 11046 Rosa Morada						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	0.10	0.25	12.00	22.00	54.55	
Febrero	0.05	0.14	6.00	22.00	27.27	
Marzo	0.00	0.07	14.00	22.00	63.64	
Abril	0.00	0.03	16.00	22.00	72.73	
Mayo	0.00	0.01	10.00	22.00	45.45	
Junio	0.00	0.10	12.00	22.00	54.55	
Julio	0.35	11.77	21.00	22.00	95.45	
Agosto	1.59	17.62	21.00	22.00	95.45	
Septiembre	3.27	23.35	20.00	22.00	90.91	
Octubre	0.97	5.07	13.00	22.00	59.09	
Noviembre	0.32	0.85	11.00	22.00	50.00	
Diciembre	0.17	0.39	15.00	22.00	68.18	
Total mensual			171.00	264.00	64.77	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	6.81	59.65	21.00	22.00		
Caudal medio anual	0.57	4.97	21.00	22.00	95.45	NO ALTERADA

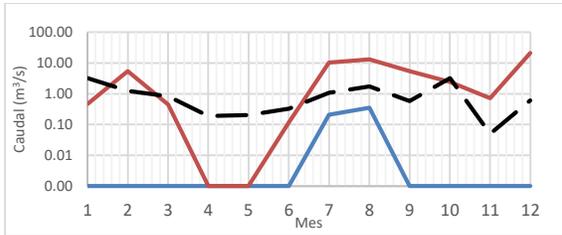
Régimen de caudales ordinarios mínimos y máximos RHN (P10-P90) VS RHA para la estación 11058 Siqueros						
Parámetro	P10	P90	Meses que cumple	Meses totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Enero	2.30	48.75	22.00	30.00	73.33	
Febrero	1.98	17.92	17.00	30.00	56.67	
Marzo	1.20	20.89	20.00	30.00	66.67	
Abril	0.68	2.82	13.00	30.00	43.33	
Mayo	0.48	1.82	10.00	30.00	33.33	
Junio	0.78	19.63	22.00	30.00	73.33	
Julio	17.45	112.48	22.00	30.00	73.33	
Agosto	32.90	143.78	22.00	30.00	73.33	
Septiembre	44.20	216.34	24.00	30.00	80.00	
Octubre	11.78	113.73	23.00	30.00	76.67	
Noviembre	3.87	31.61	18.00	30.00	60.00	
Diciembre	3.28	37.57	22.00	30.00	73.33	
Total mensual			235.00	360.00	65.28	NO ALTERADA

Parámetro	P10	P90	Años que cumple	Años totales	Porcentaje de cumplimiento	Clase
Aportación media	120.91	767.33	29.00	30.00		
Caudal medio anual	10.08	63.94	29.00	30.00	96.67	NO ALTERADA

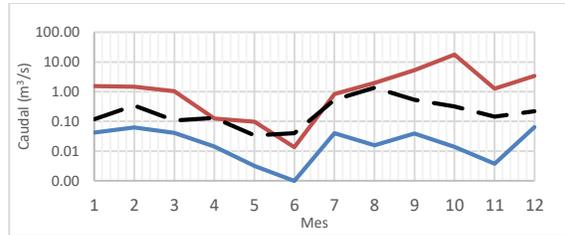
8.4. Anexo IV. Índices de alteración hidrológica mensual

Todas las figuras son de elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

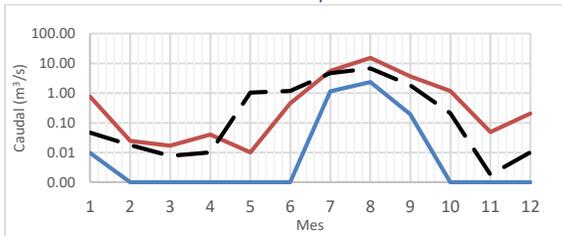
— RHN P10 — RHN P90 — RHA



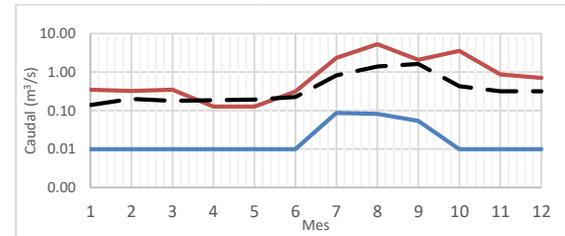
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
08018 – Pitiquito II



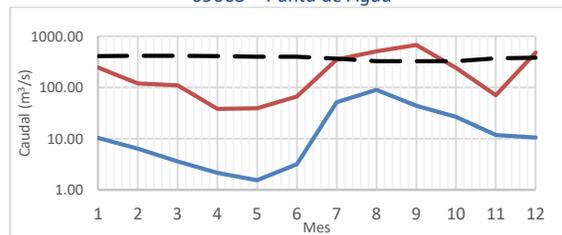
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
08025 – Sonoita II



Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
09063 – Punta de Agua



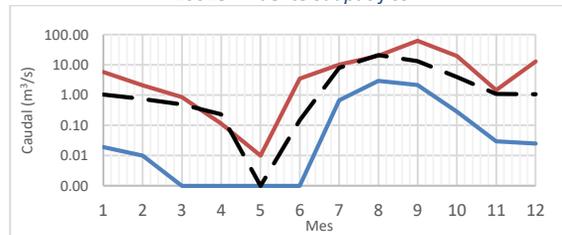
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
09089 – Cocoraque



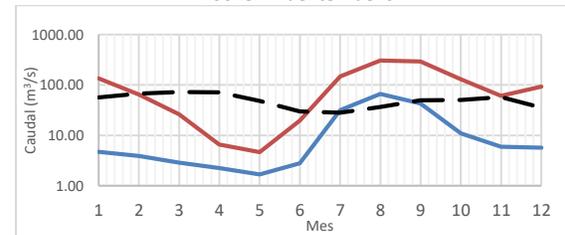
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10018 – Puente Sudpacífico



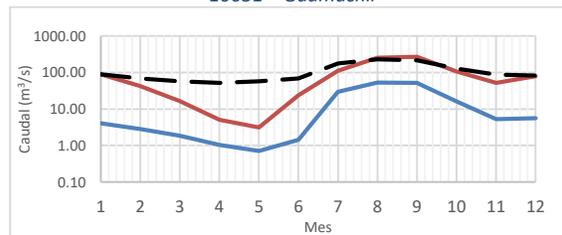
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10023 – Puente Nuevo



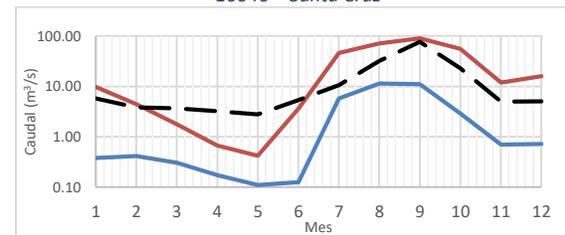
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10031 – Guamúchil



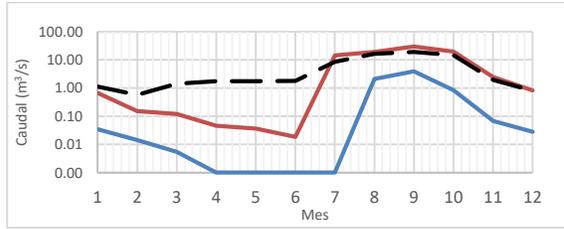
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10040 – Santa Cruz



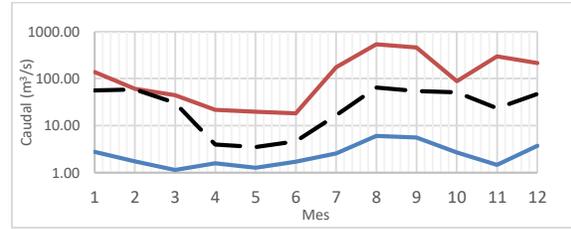
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10065 – Ixpalino



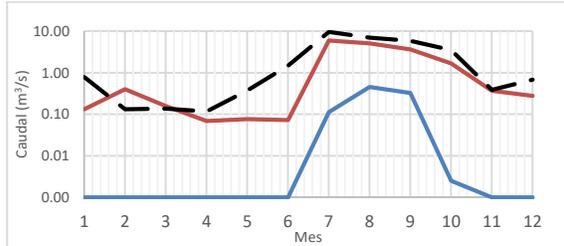
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10070 – Acatitan



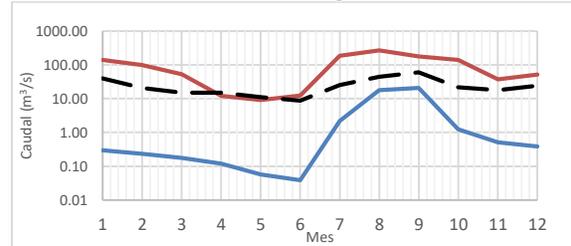
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10083 – El Quelite



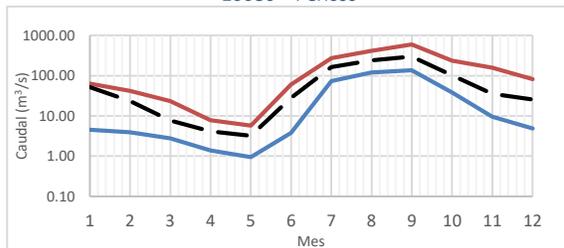
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10085 – San Miguel Z



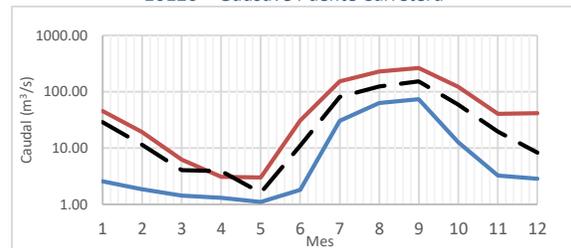
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10086 – Pericos



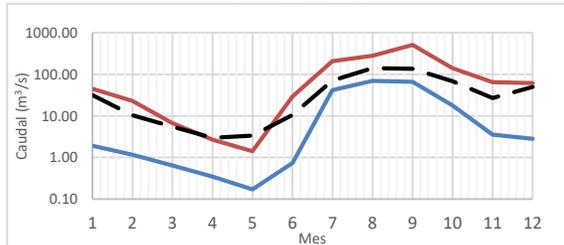
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
10120 – Guasave Puente Carretera



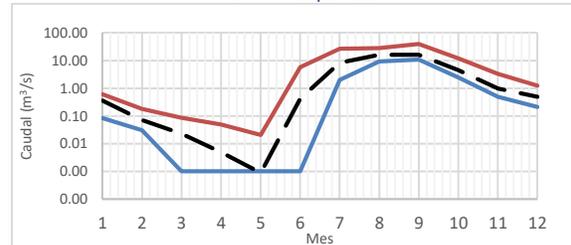
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
11012 – San Pedro



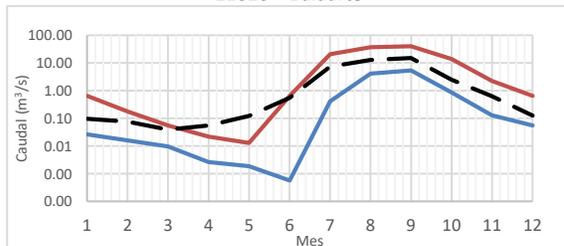
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
11014 – Acaponeta



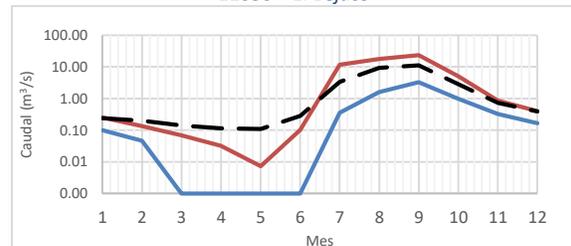
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
11016 – Baluarte



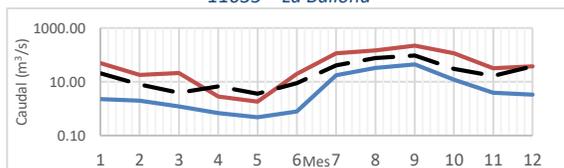
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
11030 – El Bejuco



Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
11035 – La Ballona



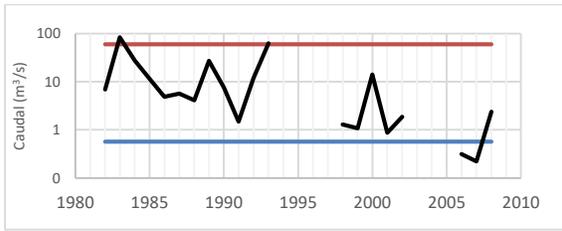
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
11046 – Rosa Morada



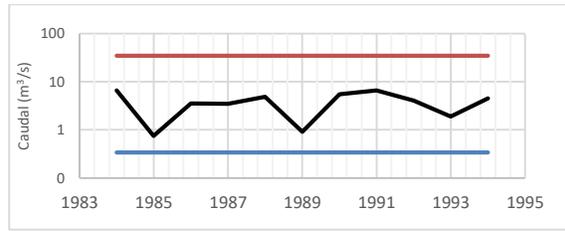
Índice de alteración hidrológica mensual E.H.
11058 – Siqueros

8.5. Anexo V. Índices de alteración hidrológica anual

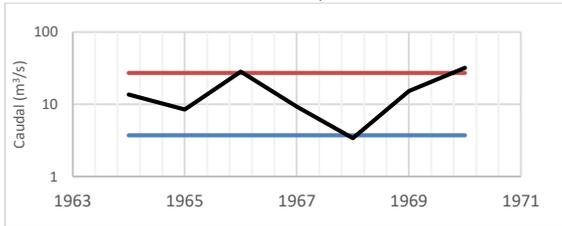
Todas las figuras son de elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).



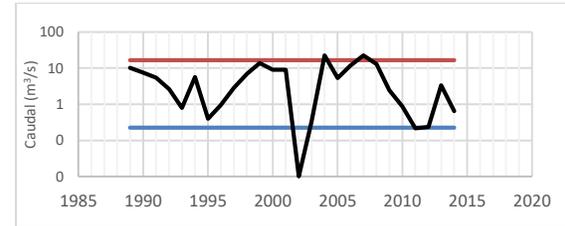
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
08018 – Pitiquito II



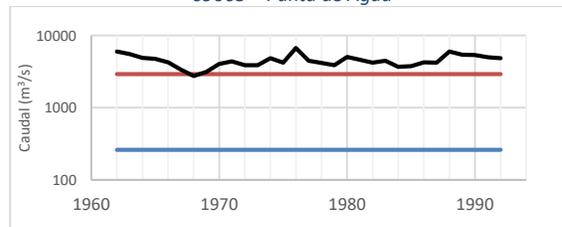
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
08025 – Sonoita II



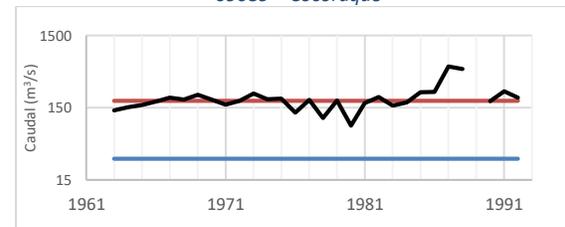
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
09063 – Punta de Agua



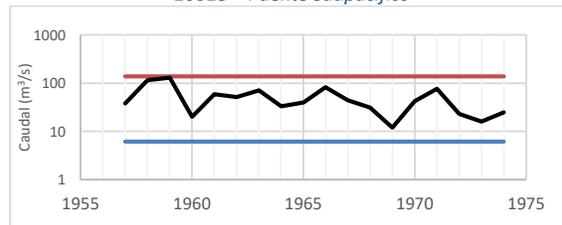
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
09089 – Cocoraque



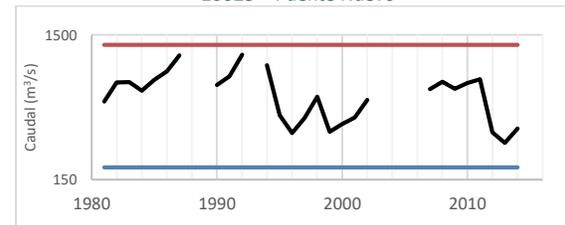
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10018 – Puente Sudpacífico



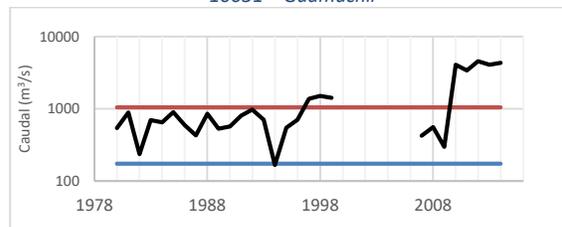
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10023 – Puente Nuevo



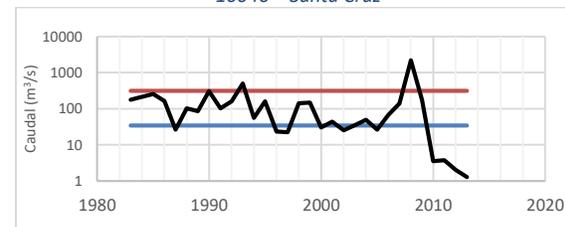
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10031 – Guamúchil



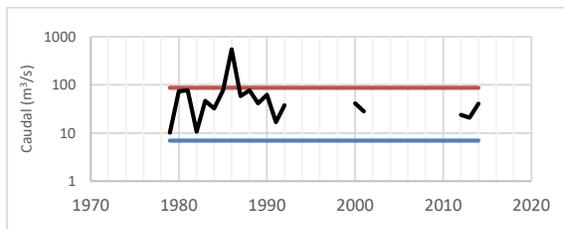
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10040 – Santa Cruz



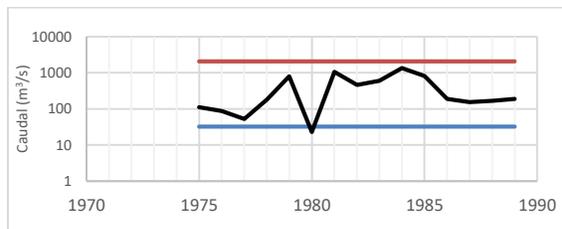
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10065 – Ixpalino



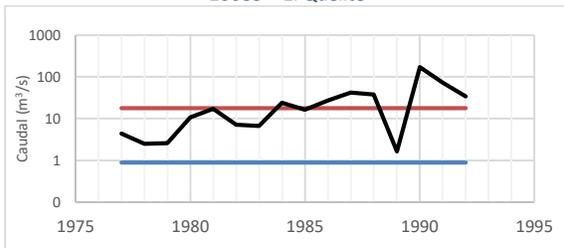
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10070 – Acatitan



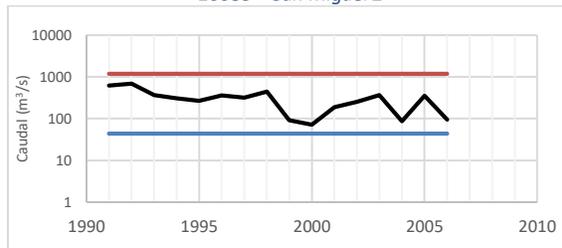
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10083 – El Quelite



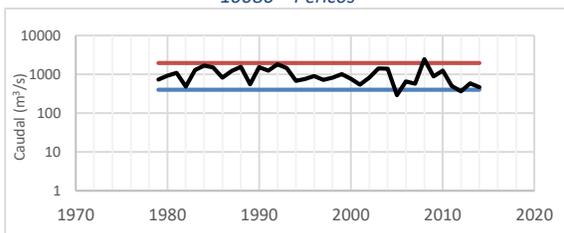
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10085 – San Miguel Z



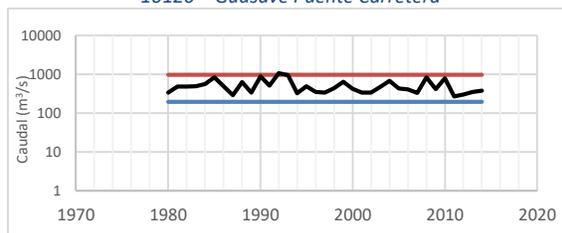
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10086 – Pericos



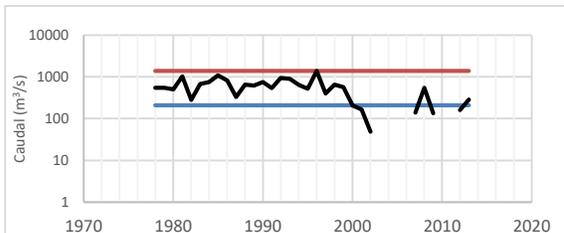
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
10120 – Guasave Puente Carretera



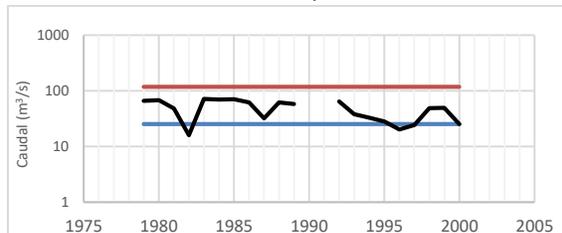
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
11012 – San Pedro



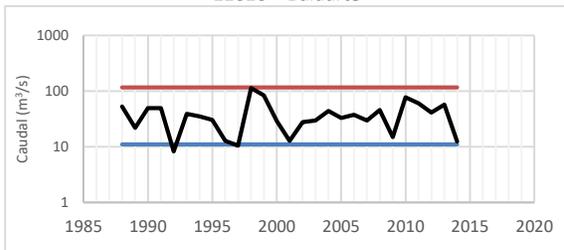
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
11014 – Acaponeta



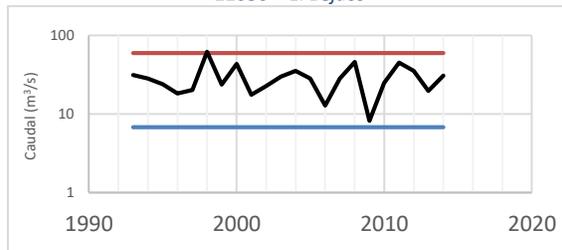
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
11016 – Baluarte



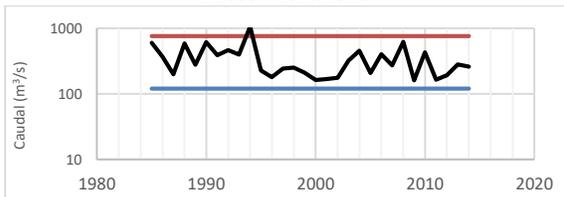
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
11030 – El Bejuco



Índice de alteración hidrológica anual E.H.
11035 – La Ballona



Índice de alteración hidrológica anual E.H.
11046 – Rosa Morada



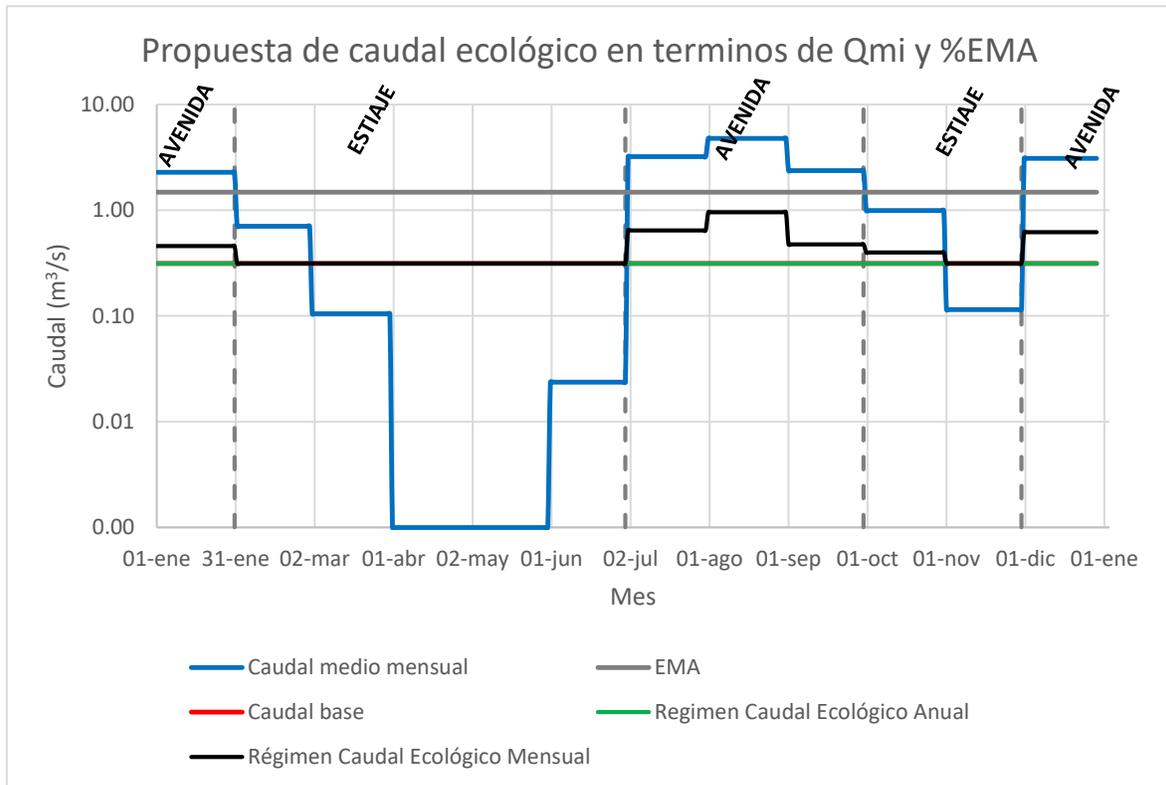
Índice de alteración hidrológica anual E.H.
11058 – Siqueros

8.6. Anexo VI. Propuesta de régimen de caudal ecológico. Metodología hidrológica (García et al., 1999; Apéndice Normativo C).

A continuación, se presentan las propuestas de régimen de caudal ecológico para las estaciones analizadas considerando los valores obtenidos para un año medio. Todas las tablas y figuras son de elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

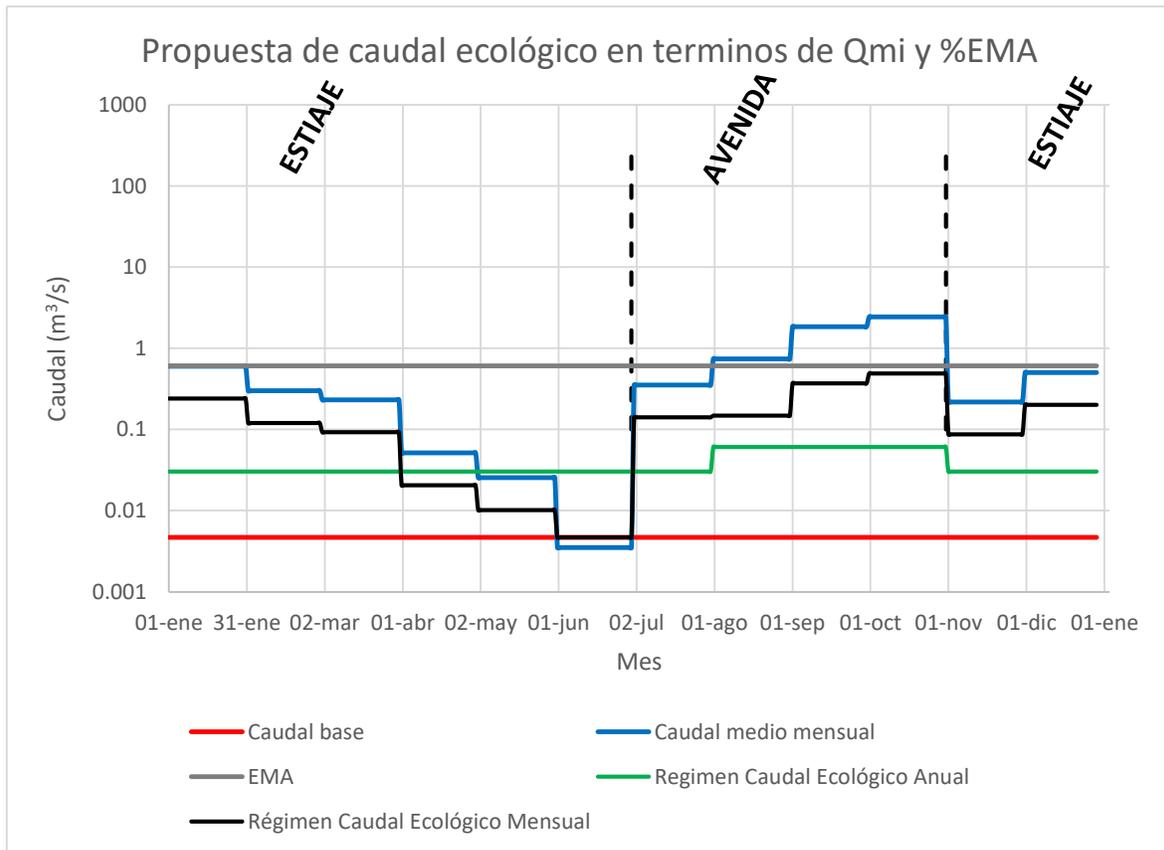
► E.H. 08018 – Pitiquito II

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 08018 – Pitiquito II					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s]	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s]	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s]
Enero	2.29	10.00	0.31	20.00	0.46
Febrero	0.71	5.00	0.31	40.00	0.31
Marzo	0.11	5.00	0.31	40.00	0.31
Abril	0.11	5.00	0.31	40.00	0.31
Mayo	0.00	5.00	0.31	40.00	0.31
Junio	0.02	5.00	0.31	40.00	0.31
Julio	3.22	10.00	0.31	20.00	0.64
Agosto	4.80	10.00	0.31	20.00	0.96
Septiembre	2.38	10.00	0.31	20.00	0.48
Octubre	1.00	5.00	0.31	40.00	0.40
Noviembre	0.12	5.00	0.31	40.00	0.31
Diciembre	3.11	10.00	0.31	20.00	0.62
$Q_{ecol\ prom} =$		0.31		0.45	
EMA =		1.48		m3/s	
$Q_{base} =$		0.31		m3/s	



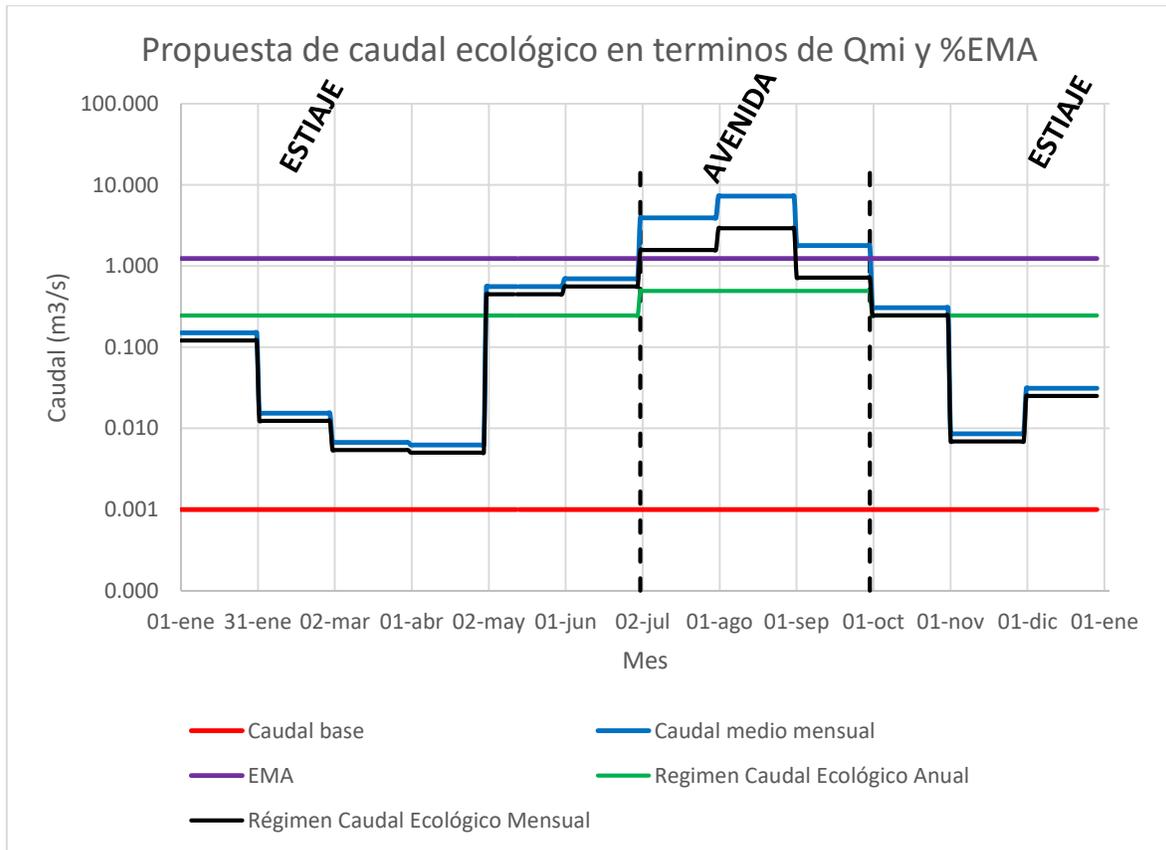
► E.H. 08025 – Sonoita II

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 08025 – Sonoita II					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	0.60	5.00	0.03	40.00	0.24
Febrero	0.30	5.00	0.03	40.00	0.12
Marzo	0.23	5.00	0.03	40.00	0.09
Abril	0.05	5.00	0.03	40.00	0.02
Mayo	0.03	5.00	0.03	40.00	0.01
Junio	0.00	5.00	0.03	40.00	0.00
Julio	0.35	5.00	0.03	40.00	0.14
Agosto	0.74	10.00	0.06	20.00	0.15
Septiembre	1.84	10.00	0.06	20.00	0.37
Octubre	2.44	10.00	0.06	20.00	0.49
Noviembre	0.22	5.00	0.03	40.00	0.09
Diciembre	0.50	5.00	0.03	40.00	0.20
$Q_{ecol\ prom} =$		0.04		0.16	
EMA =		0.61		m3/s	
$Q_{base} =$		0.00		m3/s	



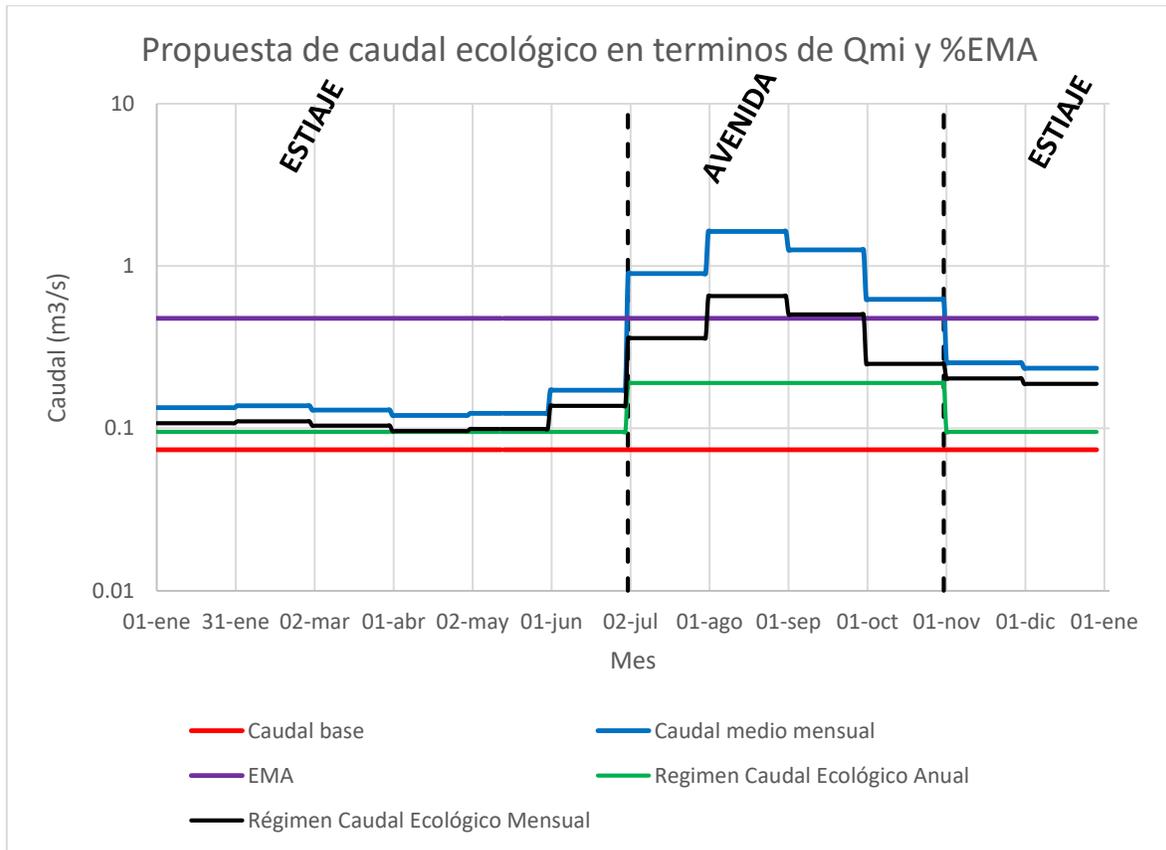
► E.H. 09063 – Punta de Agua

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 09063 – Punta de Agua					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	0.15	20.00	0.25	80.00	0.12
Febrero	0.02	20.00	0.25	80.00	0.01
Marzo	0.01	20.00	0.25	80.00	0.01
Abril	0.01	20.00	0.25	80.00	0.01
Mayo	0.56	20.00	0.25	80.00	0.45
Junio	0.70	20.00	0.25	80.00	0.56
Julio	3.93	40.00	0.49	40.00	1.57
Agosto	7.29	40.00	0.49	40.00	2.91
Septiembre	1.79	40.00	0.49	40.00	0.72
Octubre	0.31	20.00	0.25	80.00	0.25
Noviembre	0.01	20.00	0.25	80.00	0.01
Diciembre	0.03	20.00	0.25	80.00	0.03
$Q_{ecol\ prom} =$		0.31		0.55	
EMA =		1.23		m3/s	
$Q_{base} =$		0.00		m3/s	



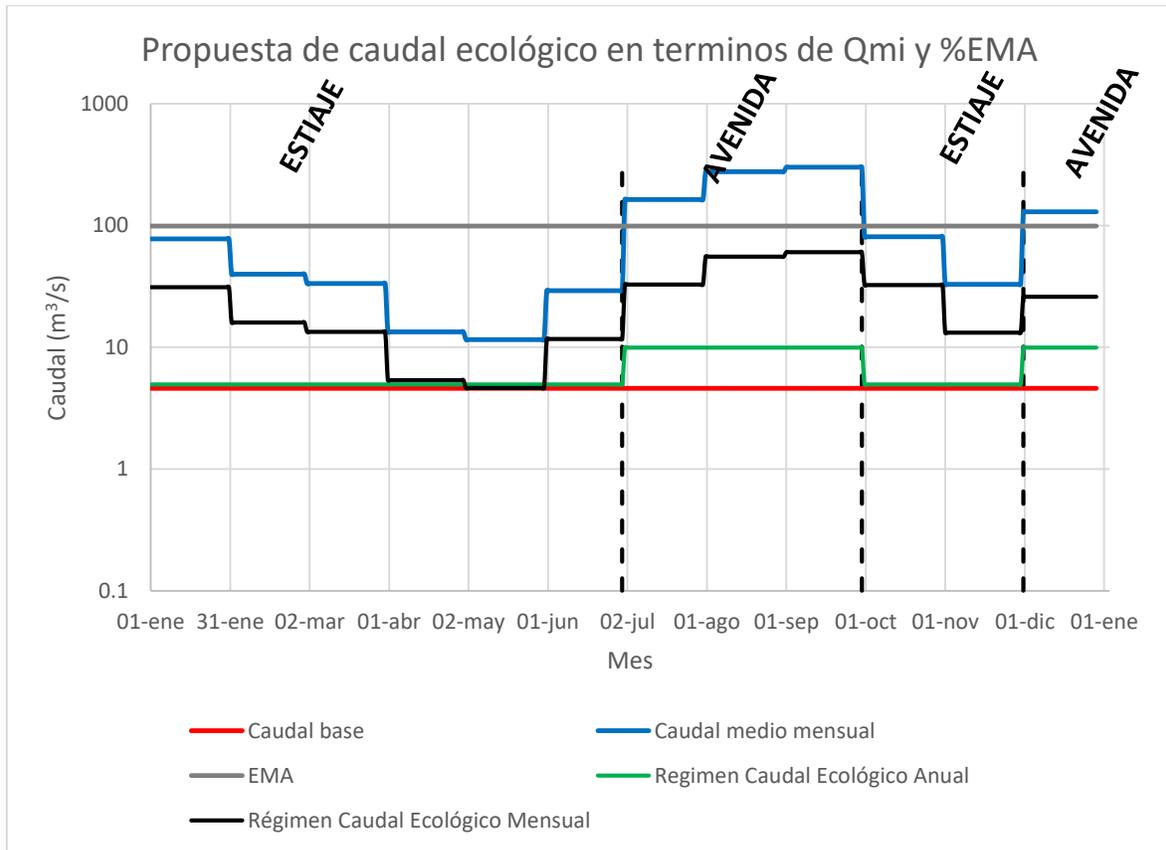
► E.H. 09089 – Cocoraque

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 09089 – Cocoraque					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	0.13	20.00	0.10	80.00	0.11
Febrero	0.14	20.00	0.10	80.00	0.11
Marzo	0.13	20.00	0.10	80.00	0.10
Abril	0.12	20.00	0.10	80.00	0.10
Mayo	0.12	20.00	0.10	80.00	0.10
Junio	0.17	20.00	0.10	80.00	0.14
Julio	0.90	40.00	0.19	40.00	0.36
Agosto	1.63	40.00	0.19	40.00	0.65
Septiembre	1.26	40.00	0.19	40.00	0.50
Octubre	0.62	40.00	0.19	40.00	0.25
Noviembre	0.25	20.00	0.10	80.00	0.20
Diciembre	0.23	20.00	0.10	80.00	0.19
$Q_{ecol\ prom} =$		0.13		0.23	
EMA =		0.48		m3/s	
$Q_{base} =$		0.07		m3/s	



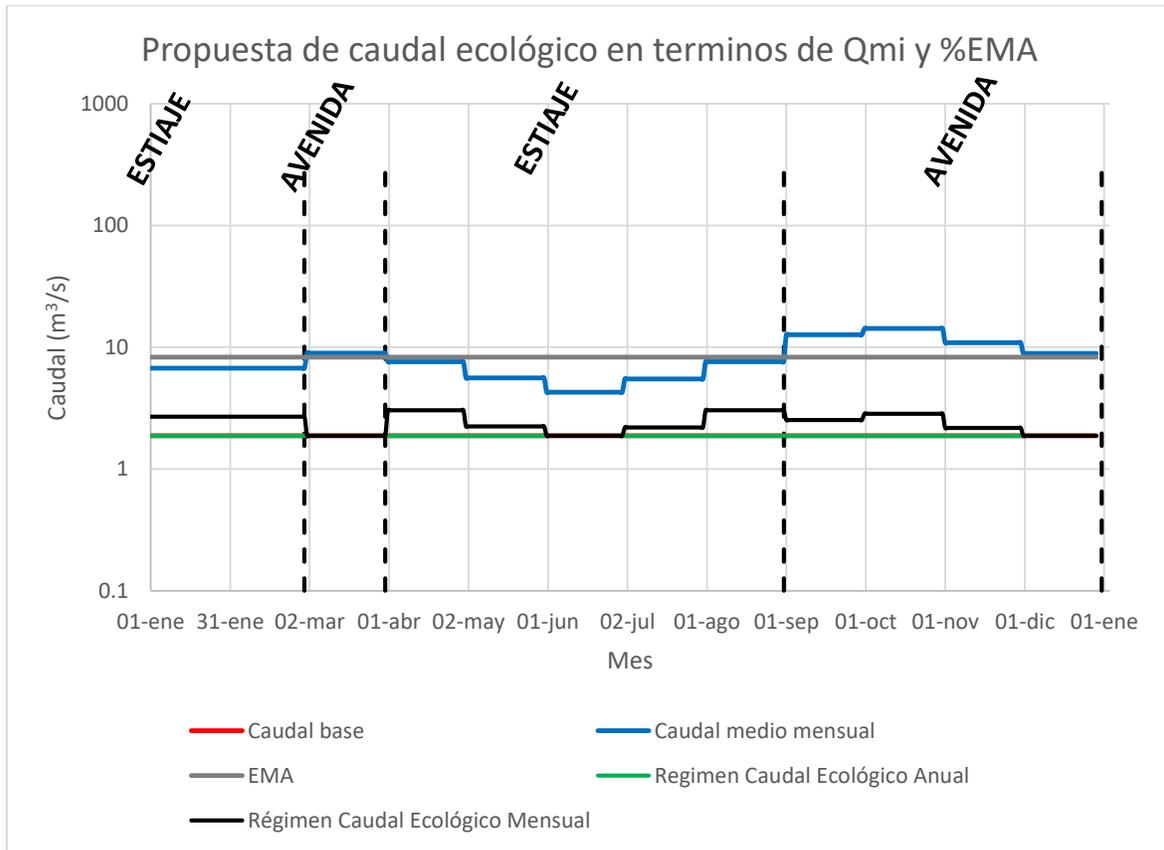
► E.H. 10018 – Puente Sudpacífico

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10018 – Puente Sud Pacífico.					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	77.60	5.00	4.95	40.00	31.04
Febrero	39.81	5.00	4.95	40.00	15.93
Marzo	33.37	5.00	4.95	40.00	13.35
Abril	13.36	5.00	4.95	40.00	5.34
Mayo	11.54	5.00	4.95	40.00	4.62
Junio	29.13	5.00	4.95	40.00	11.65
Julio	163.21	10.00	9.91	20.00	32.64
Agosto	276.39	10.00	9.91	20.00	55.28
Septiembre	300.97	10.00	9.91	20.00	60.19
Octubre	80.79	5.00	4.95	40.00	32.32
Noviembre	32.86	5.00	4.95	40.00	13.14
Diciembre	129.56	10.00	9.91	20.00	25.91
$Q_{ecol\ prom} =$		6.60		25.12	
EMA =		99.05		m3/s	
$Q_{base} =$		4.60		m3/s	



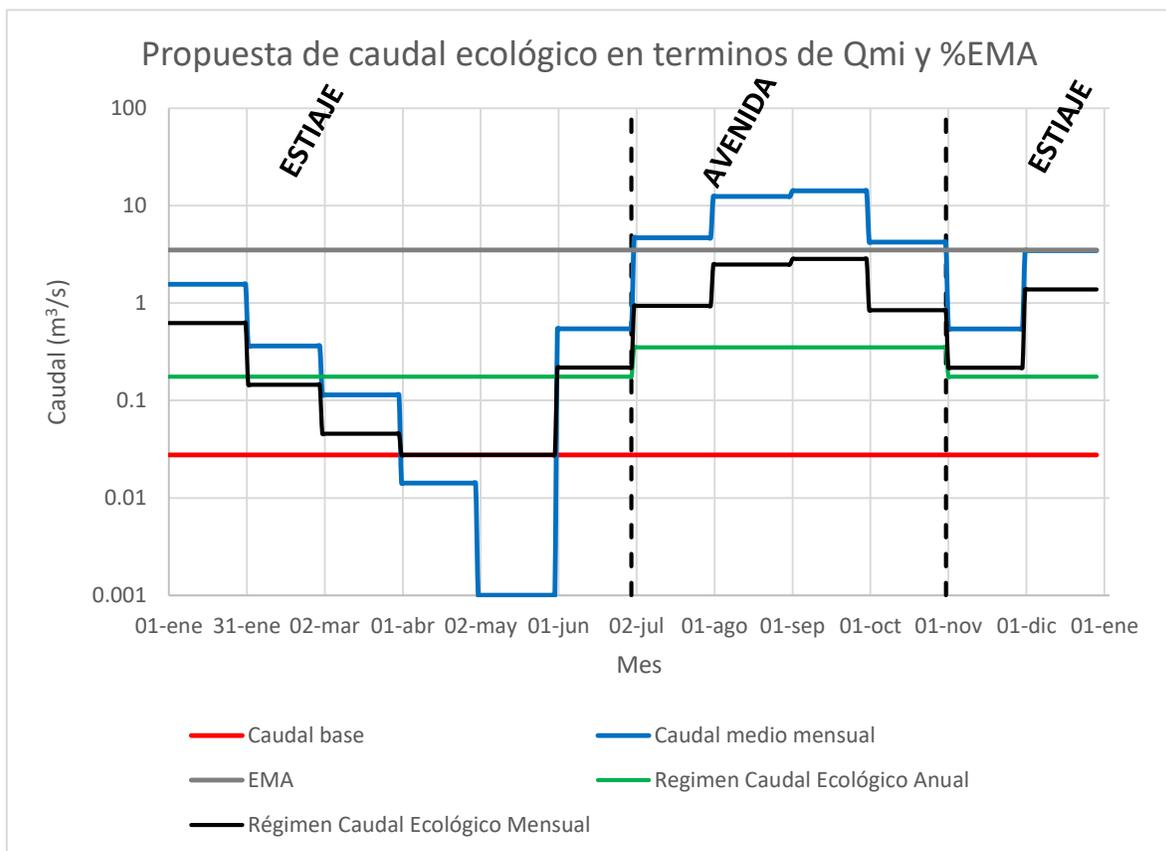
► E.H. 10023 – Puente Nuevo

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10023 – Puente Nuevo					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	6.73	5.00	1.88	40.00	2.69
Febrero	6.73	5.00	1.88	40.00	2.69
Marzo	8.94	10.00	1.88	20.00	1.88
Abril	8.94	10.00	1.88	20.00	1.88
Mayo	5.60	5.00	1.88	40.00	2.24
Junio	4.28	5.00	1.88	40.00	1.88
Julio	5.49	5.00	1.88	40.00	2.20
Agosto	7.60	5.00	1.88	40.00	3.04
Septiembre	12.65	10.00	1.88	20.00	2.53
Octubre	14.24	10.00	1.88	20.00	2.85
Noviembre	10.88	10.00	1.88	20.00	2.18
Diciembre	8.89	10.00	1.88	20.00	1.88
$Q_{ecol\ prom} =$		1.88		2.33	
EMA =		8.30		m3/s	
$Q_{base} =$		1.88		m3/s	



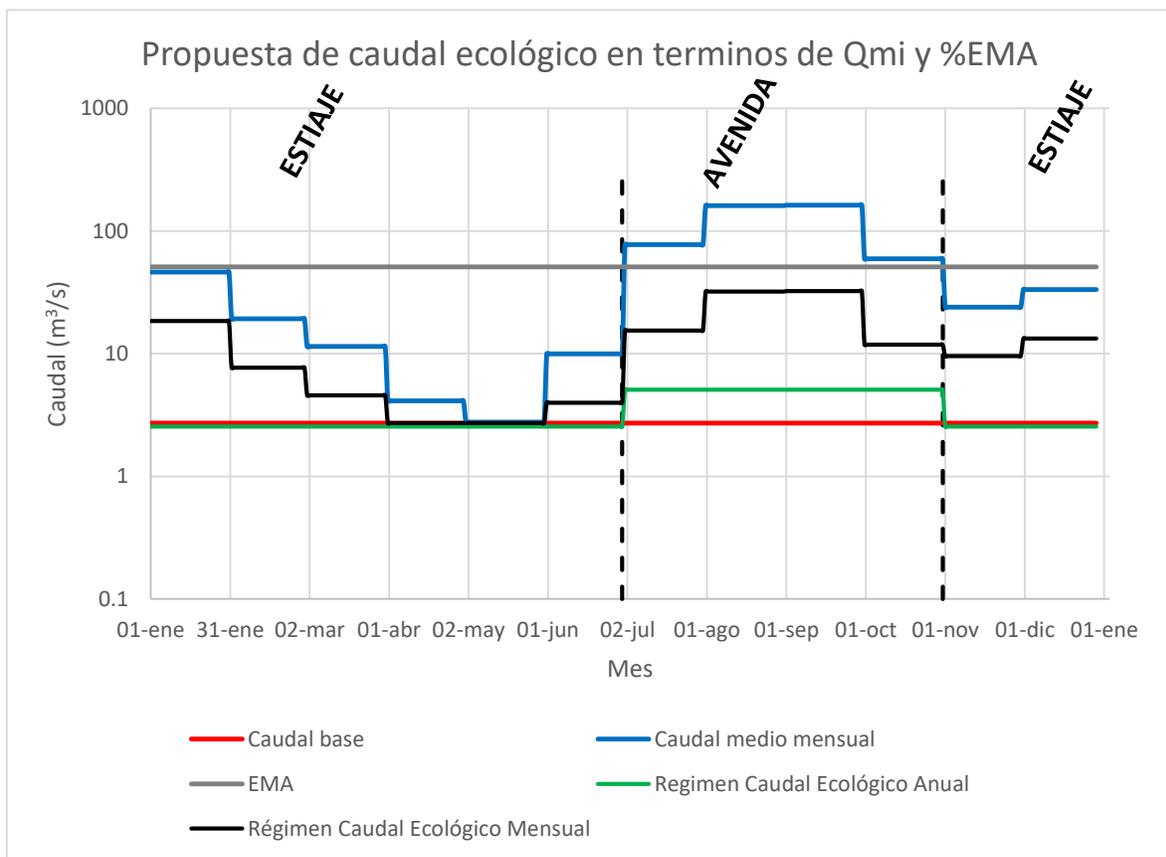
► E.H. 10031 – Guamúchil

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10031 – Guamúchil					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	1.56	5.00	0.18	40.00	0.62
Febrero	0.36	5.00	0.18	40.00	0.14
Marzo	0.11	5.00	0.18	40.00	0.05
Abril	0.01	5.00	0.18	40.00	0.03
Mayo	0.00	5.00	0.18	40.00	0.03
Junio	0.54	5.00	0.18	40.00	0.22
Julio	4.67	10.00	0.35	20.00	0.93
Agosto	12.41	10.00	0.35	20.00	2.48
Septiembre	14.17	10.00	0.35	20.00	2.83
Octubre	4.22	10.00	0.35	20.00	0.84
Noviembre	0.54	5.00	0.18	40.00	0.22
Diciembre	3.45	5.00	0.18	40.00	1.38
$Q_{ecol\ prom} =$		0.23		0.81	
EMA =		3.50		m3/s	
$Q_{base} =$		0.03		m3/s	



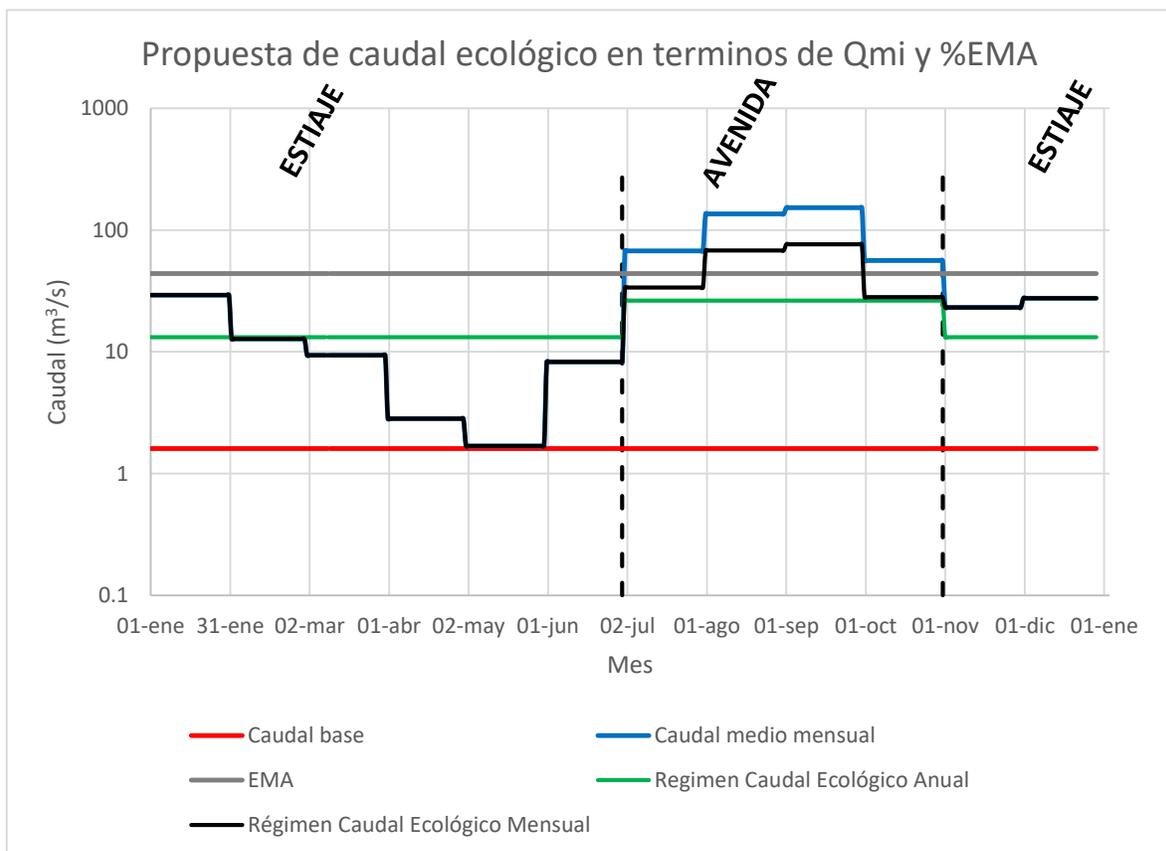
► E.H. 10040 – Santa Cruz

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10040 – Santa Cruz					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	46.18	5.00	2.54	40.00	18.47
Febrero	19.24	5.00	2.54	40.00	7.69
Marzo	11.45	5.00	2.54	40.00	4.58
Abril	4.12	5.00	2.54	40.00	2.72
Mayo	2.77	5.00	2.54	40.00	2.72
Junio	9.96	5.00	2.54	40.00	3.98
Julio	77.24	10.00	5.08	20.00	15.45
Agosto	160.52	10.00	5.08	20.00	32.10
Septiembre	161.95	10.00	5.08	20.00	32.39
Octubre	59.25	10.00	5.08	20.00	11.85
Noviembre	23.92	5.00	2.54	40.00	9.57
Diciembre	33.27	5.00	2.54	40.00	13.31
$Q_{ecol\ prom} =$		3.39		12.90	
EMA =		50.82		m3/s	
$Q_{base} =$		2.72		m3/s	



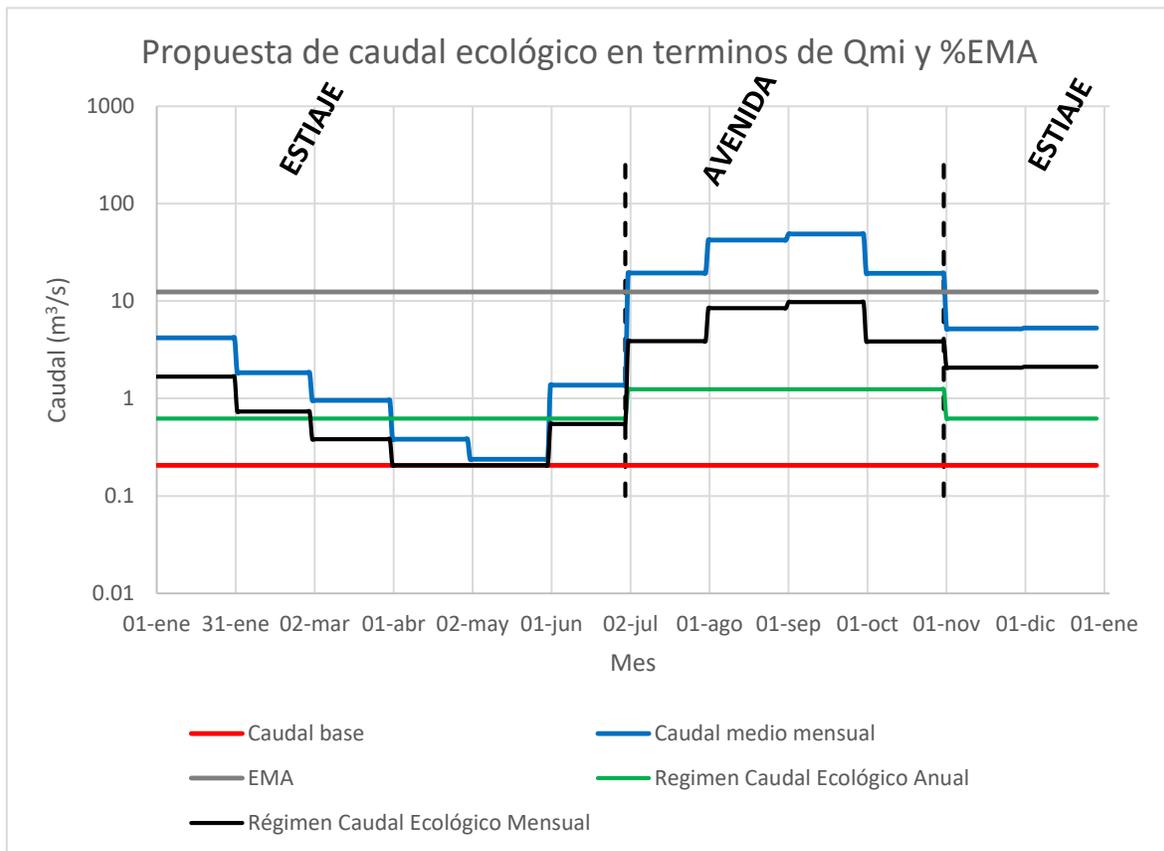
► E.H. 10065 – Ixpalino

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10065 - Ixpalino					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	29.20	30.00	13.17	100.00	29.20
Febrero	12.76	30.00	13.17	100.00	12.76
Marzo	9.36	30.00	13.17	100.00	9.36
Abril	9.36	30.00	13.17	100.00	9.36
Mayo	2.82	30.00	13.17	100.00	2.82
Junio	1.68	30.00	13.17	100.00	1.68
Julio	8.25	30.00	13.17	100.00	8.25
Agosto	67.42	60.00	26.34	50.00	33.71
Septiembre	135.85	60.00	26.34	50.00	67.93
Octubre	152.73	60.00	26.34	50.00	76.37
Noviembre	56.20	60.00	26.34	50.00	28.10
Diciembre	23.11	30.00	13.17	100.00	23.11
$Q_{ecol\ prom} =$		17.56		25.22	
EMA =		43.91		m3/s	
$Q_{base} =$		1.61		m3/s	



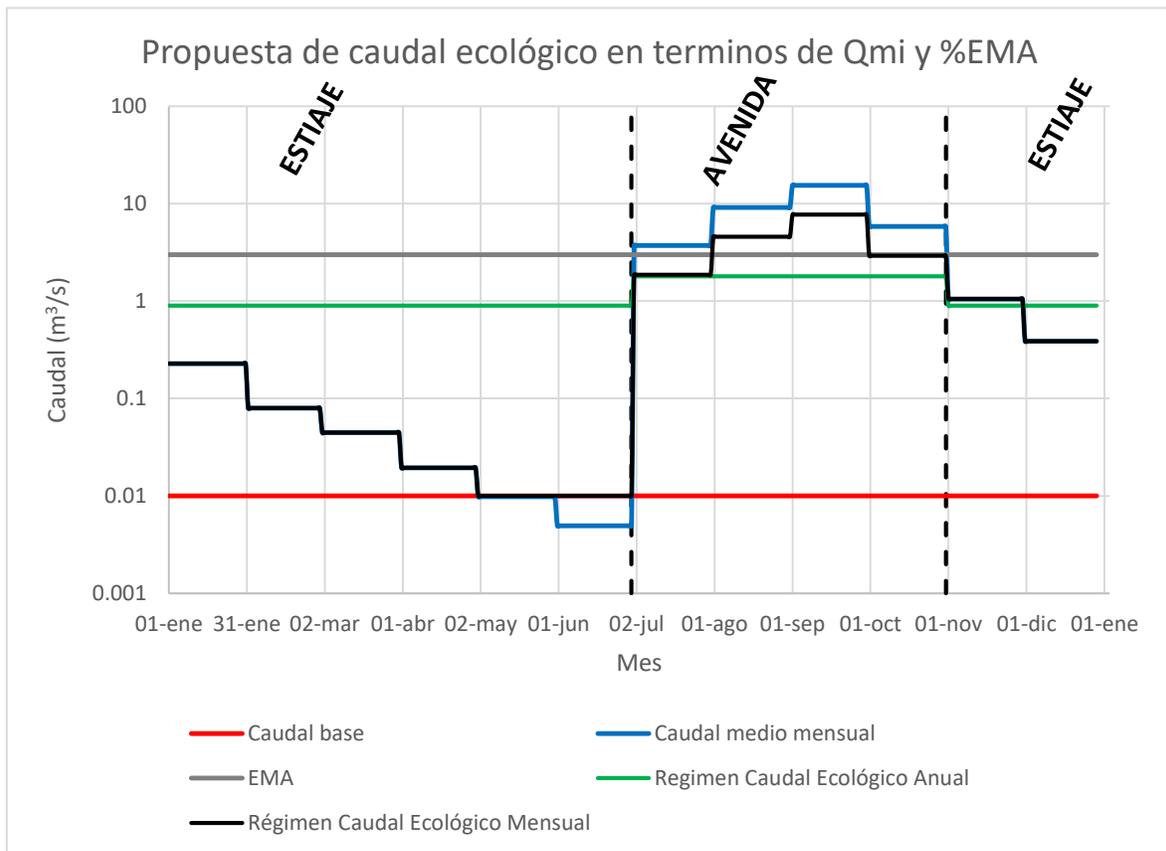
► E.H. 10070 – Acatitan

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10070 –Acatitan					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	4.19	5.00	0.62	40.00	1.68
Febrero	1.84	5.00	0.62	40.00	0.74
Marzo	0.96	5.00	0.62	40.00	0.38
Abril	0.38	5.00	0.62	40.00	0.21
Mayo	0.24	5.00	0.62	40.00	0.21
Junio	1.37	5.00	0.62	40.00	0.55
Julio	19.38	10.00	1.24	20.00	3.88
Agosto	42.25	10.00	1.24	20.00	8.45
Septiembre	48.71	10.00	1.24	20.00	9.74
Octubre	19.25	10.00	1.24	20.00	3.85
Noviembre	5.18	5.00	0.62	40.00	2.07
Diciembre	5.29	5.00	0.62	40.00	2.12
$Q_{ecol\ prom} =$		0.83		2.82	
EMA =		12.42		m3/s	
$Q_{base} =$		0.21		m3/s	



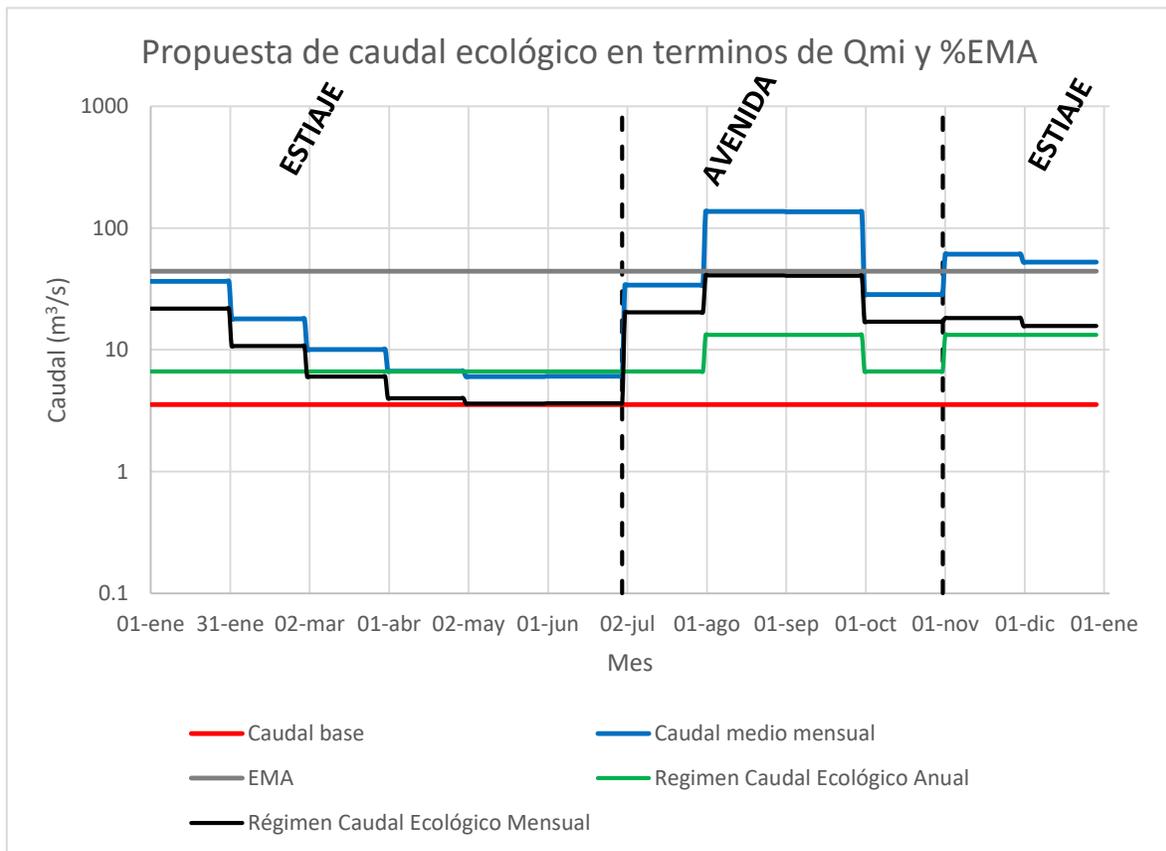
► E.H. 10083 – El Quelite

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10083 – El Quelite					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	0.23	30.00	0.90	100.00	0.23
Febrero	0.08	30.00	0.90	100.00	0.08
Marzo	0.04	30.00	0.90	100.00	0.04
Abril	0.02	30.00	0.90	100.00	0.02
Mayo	0.01	30.00	0.90	100.00	0.01
Junio	0.00	30.00	0.90	100.00	0.01
Julio	3.73	60.00	1.80	50.00	1.86
Agosto	9.17	60.00	1.80	50.00	4.58
Septiembre	15.47	60.00	1.80	50.00	7.74
Octubre	5.85	60.00	1.80	50.00	2.92
Noviembre	1.05	30.00	0.90	100.00	1.05
Diciembre	0.39	30.00	0.90	100.00	0.39
$Q_{ecol\ prom} =$		1.20		1.58	
EMA =		3.00		m3/s	
$Q_{base} =$		0.01		m3/s	



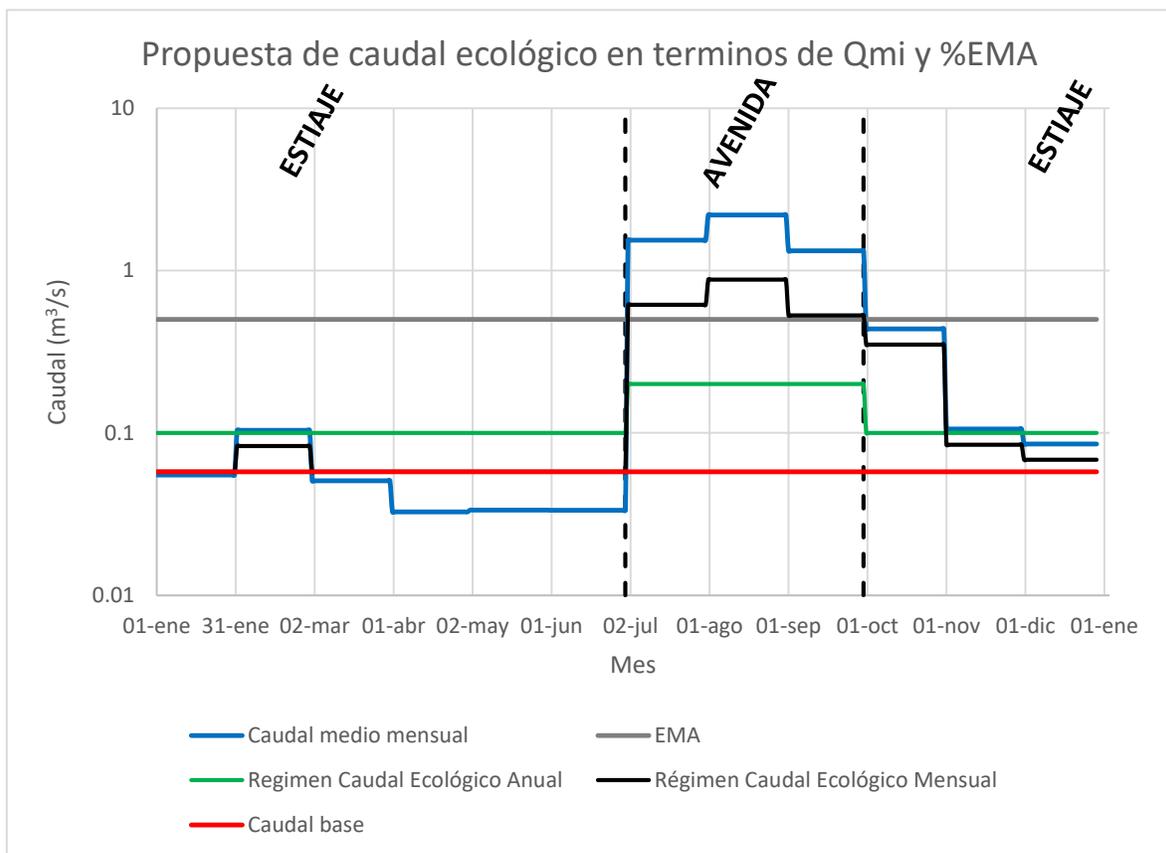
► E.H. 10085 – San Miguel Z

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10085 – San Miguel Z					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	36.41	15.00	6.64	60.00	21.85
Febrero	17.93	15.00	6.64	60.00	10.76
Marzo	10.05	15.00	6.64	60.00	6.03
Abril	10.05	15.00	6.64	60.00	6.03
Mayo	6.67	15.00	6.64	60.00	4.00
Junio	6.02	15.00	6.64	60.00	3.61
Julio	6.07	15.00	6.64	60.00	3.64
Agosto	33.93	15.00	6.64	60.00	20.36
Septiembre	136.52	30.00	13.27	30.00	40.95
Octubre	135.62	30.00	13.27	30.00	40.69
Noviembre	28.41	15.00	6.64	60.00	17.05
Diciembre	60.85	30.00	13.27	30.00	18.26
$Q_{ecol\ prom} =$		8.29		16.10	
EMA =		44.24		m3/s	
$Q_{base} =$		3.55		m3/s	



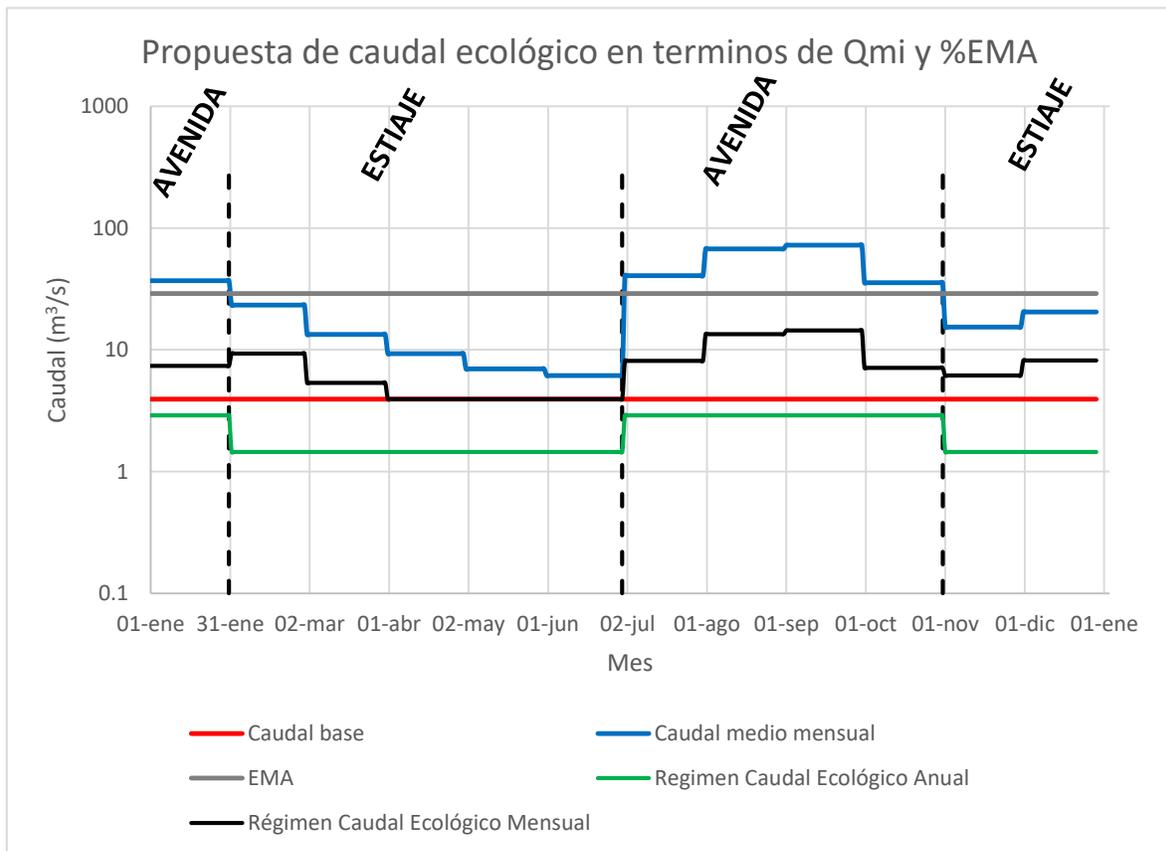
► E.H. 10086 – Pericos

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10086 – Pericos					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	0.06	20.00	0.10	80.00	0.06
Febrero	0.10	20.00	0.10	80.00	0.08
Marzo	0.05	20.00	0.10	80.00	0.06
Abril	0.05	20.00	0.10	80.00	0.06
Mayo	0.03	20.00	0.10	80.00	0.06
Junio	0.03	20.00	0.10	80.00	0.06
Julio	0.03	20.00	0.10	80.00	0.06
Agosto	1.54	40.00	0.20	40.00	0.62
Septiembre	2.20	40.00	0.20	40.00	0.88
Octubre	1.33	40.00	0.20	40.00	0.53
Noviembre	0.44	20.00	0.10	80.00	0.35
Diciembre	0.11	20.00	0.10	80.00	0.08
$Q_{ecol\ prom} =$		0.13		0.24	
EMA =		0.50		m3/s	
$Q_{base} =$		0.06		m3/s	



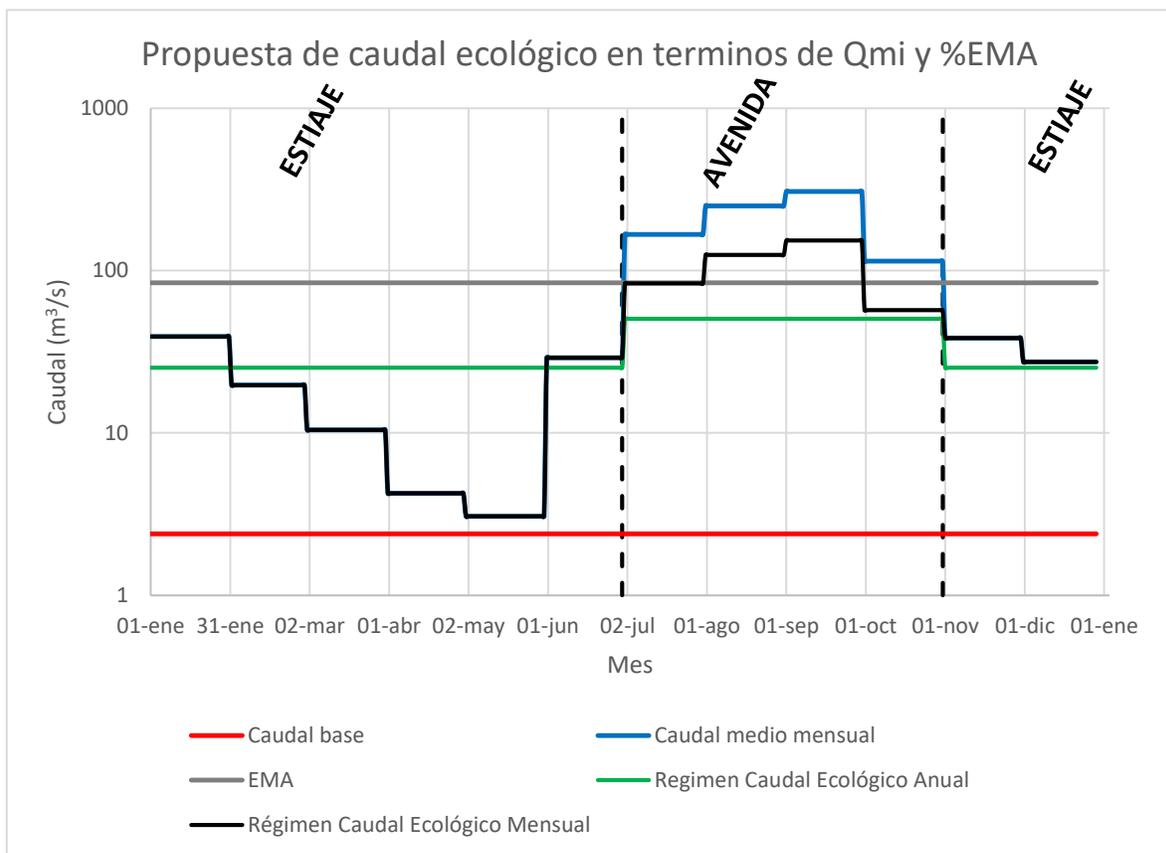
► E.H. 10120 – Guasave Puente Carretera

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 10120 – Guasave Puente Carretera					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	36.89	10.00	2.89	20.00	7.38
Febrero	23.29	5.00	1.45	40.00	9.32
Marzo	13.37	5.00	1.45	40.00	5.35
Abril	9.30	5.00	1.45	40.00	3.93
Mayo	6.97	5.00	1.45	40.00	3.93
Junio	6.14	5.00	1.45	40.00	3.93
Julio	40.58	10.00	2.89	20.00	8.12
Agosto	67.27	10.00	2.89	20.00	13.45
Septiembre	72.20	10.00	2.89	20.00	14.44
Octubre	35.53	10.00	2.89	20.00	7.11
Noviembre	15.37	5.00	1.45	40.00	6.15
Diciembre	20.44	5.00	1.45	40.00	8.17
$Q_{ecol\ prom} =$		2.05		7.61	
EMA =		28.95		m3/s	
$Q_{base} =$		3.93		m3/s	



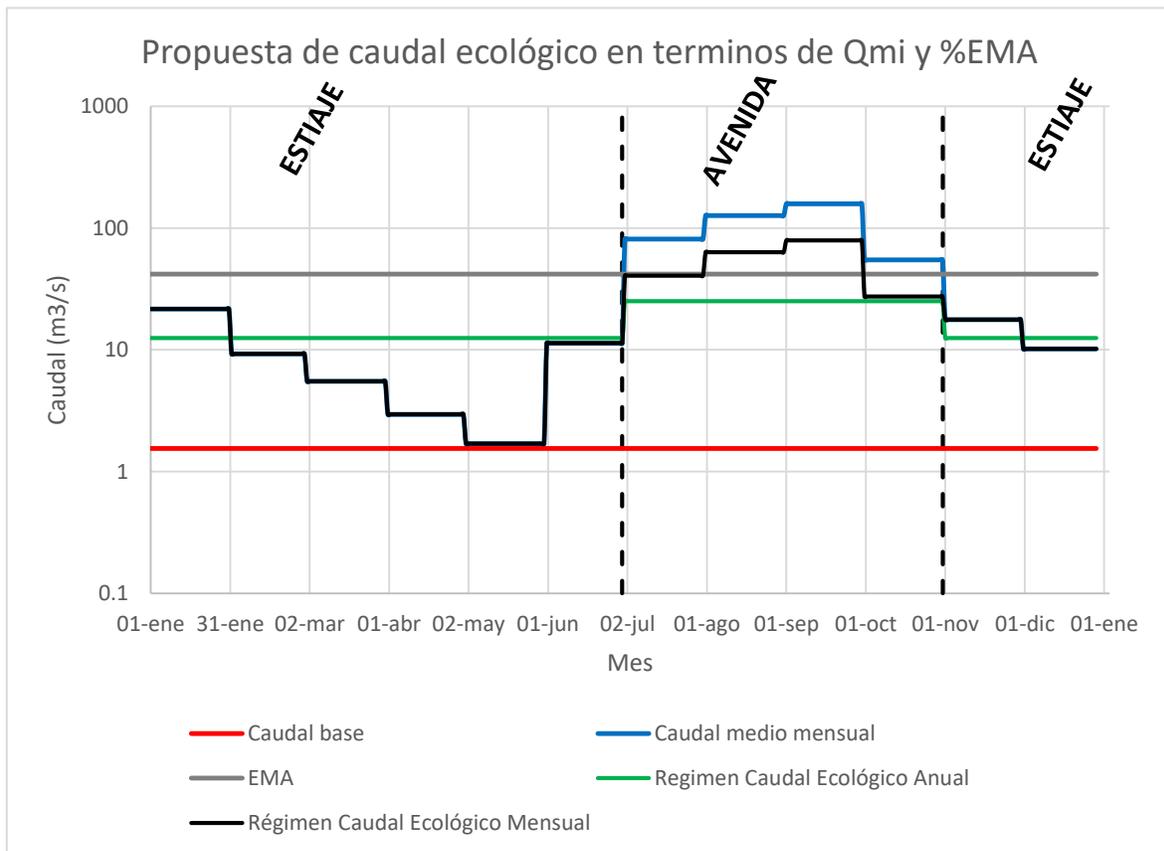
► E.H. 11012 – San Pedro

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 11012 – San Pedro					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	39.26	30.00	25.23	100.00	39.26
Febrero	19.71	30.00	25.23	100.00	19.71
Marzo	10.45	30.00	25.23	100.00	10.45
Abril	10.45	30.00	25.23	100.00	10.45
Mayo	4.25	30.00	25.23	100.00	4.25
Junio	3.07	30.00	25.23	100.00	3.07
Julio	29.06	30.00	25.23	100.00	29.06
Agosto	166.77	60.00	50.46	50.00	83.39
Septiembre	249.91	60.00	50.46	50.00	124.96
Octubre	306.58	60.00	50.46	50.00	153.29
Noviembre	114.24	60.00	50.46	50.00	57.12
Diciembre	38.42	30.00	25.23	100.00	38.42
$Q_{ecol\ prom} =$		33.64		47.78	
EMA =		84.09		m3/s	
$Q_{base} =$		2.39		m3/s	



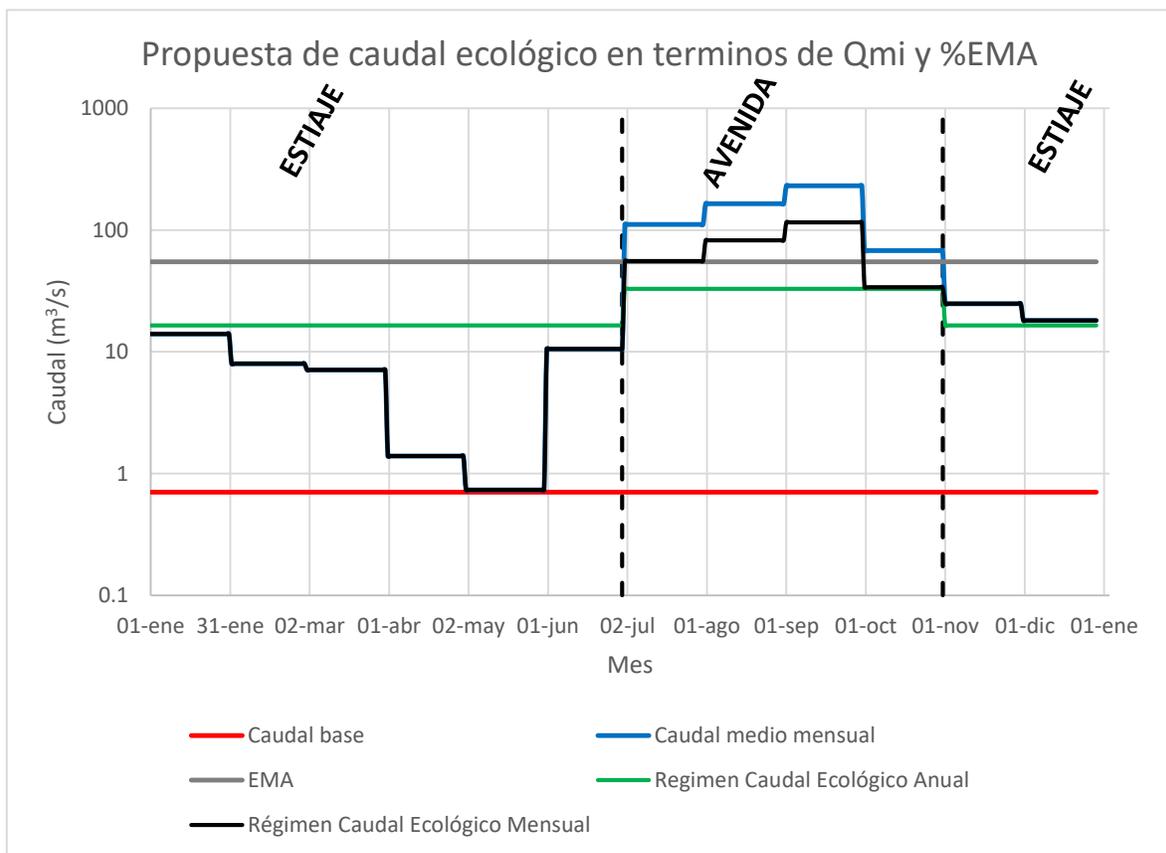
► E.H. 11014 – Acaponeta

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 11014 – Acaponeta					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	21.65	30.00	12.52	100.00	21.65
Febrero	9.27	30.00	12.52	100.00	9.27
Marzo	5.52	30.00	12.52	100.00	5.52
Abril	2.96	30.00	12.52	100.00	2.96
Mayo	1.70	30.00	12.52	100.00	1.70
Junio	11.35	30.00	12.52	100.00	11.35
Julio	81.15	60.00	25.03	50.00	40.57
Agosto	126.44	60.00	25.03	50.00	63.22
Septiembre	157.98	60.00	25.03	50.00	78.99
Octubre	54.76	60.00	25.03	50.00	27.38
Noviembre	17.68	30.00	12.52	100.00	17.68
Diciembre	10.19	30.00	12.52	100.00	10.19
$Q_{ecol\ prom} =$		16.69		24.21	
EMA =		41.72		m3/s	
$Q_{base} =$		1.55		m3/s	



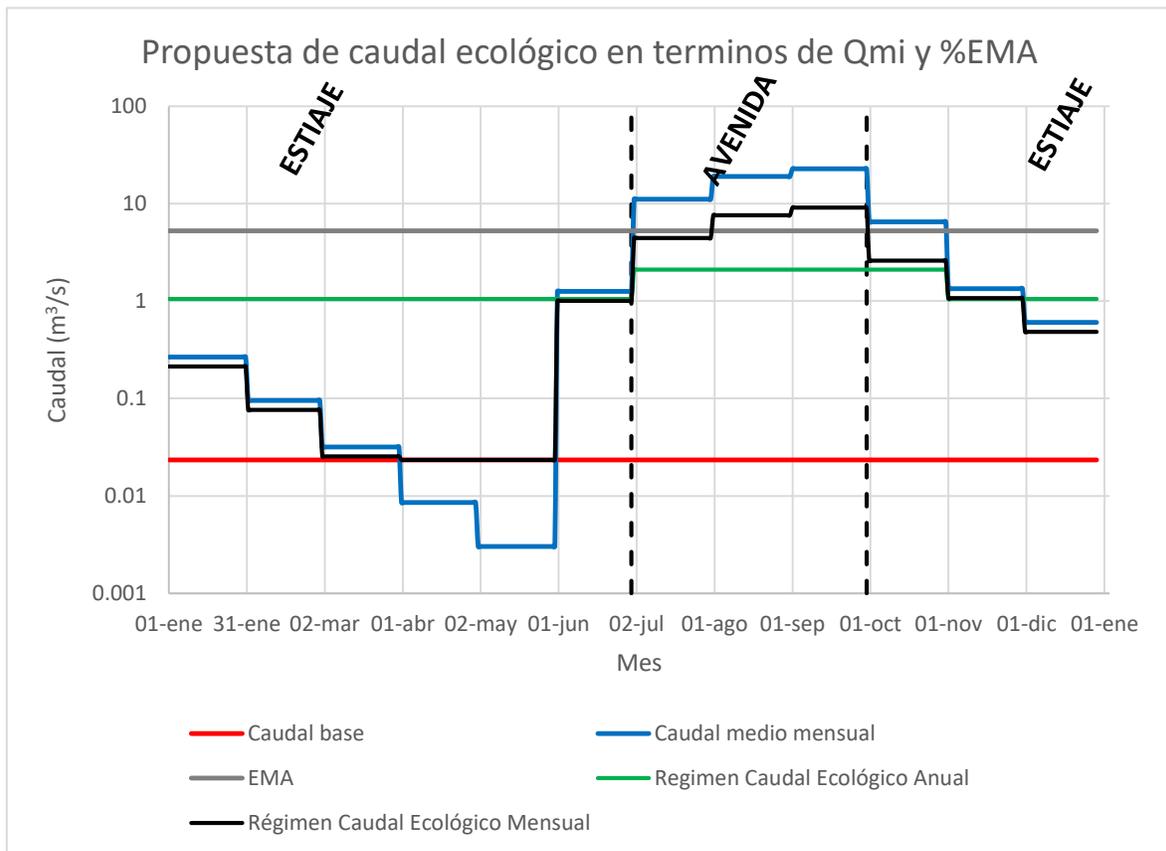
► E.H. 11016 – Baluarte II

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 11016 – Baluarte II					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	13.99	30.00	16.45	100.00	13.99
Febrero	7.98	30.00	16.45	100.00	7.98
Marzo	7.09	30.00	16.45	100.00	7.09
Abril	1.39	30.00	16.45	100.00	1.39
Mayo	0.73	30.00	16.45	100.00	0.73
Junio	10.54	30.00	16.45	100.00	10.54
Julio	110.96	60.00	32.90	50.00	55.48
Agosto	164.21	60.00	32.90	50.00	82.10
Septiembre	230.62	60.00	32.90	50.00	115.31
Octubre	67.68	60.00	32.90	50.00	33.84
Noviembre	24.79	30.00	16.45	100.00	24.79
Diciembre	18.06	30.00	16.45	100.00	18.06
$Q_{ecol\ prom} =$		21.93		30.94	
EMA =		54.84		m3/s	
$Q_{base} =$		0.70		m3/s	



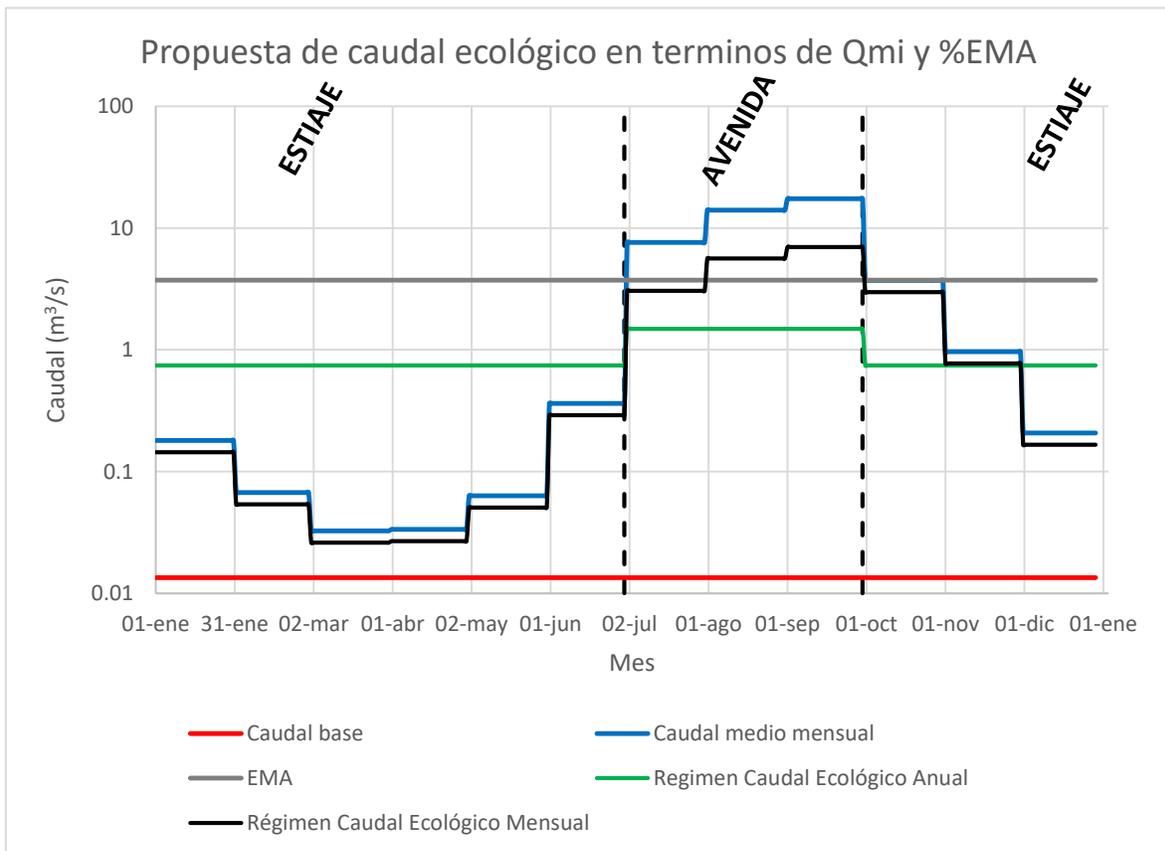
► E.H. 11030 – El Bejuco

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 11030 – El Bejuco					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	0.27	20.00	1.05	80.00	0.21
Febrero	0.10	20.00	1.05	80.00	0.08
Marzo	0.03	20.00	1.05	80.00	0.03
Abril	0.01	20.00	1.05	80.00	0.01
Mayo	0.00	20.00	1.05	80.00	0.00
Junio	1.26	20.00	1.05	80.00	1.00
Julio	11.09	40.00	2.10	40.00	4.44
Agosto	19.00	40.00	2.10	40.00	7.60
Septiembre	22.77	40.00	2.10	40.00	9.11
Octubre	6.50	40.00	2.10	40.00	2.60
Noviembre	1.34	20.00	1.05	80.00	1.07
Diciembre	0.60	20.00	1.05	80.00	0.48
$Q_{ecol\ prom} =$			1.40		2.22
EMA =			5.25	m3/s	
$Q_{base} =$			0.02	m3/s	



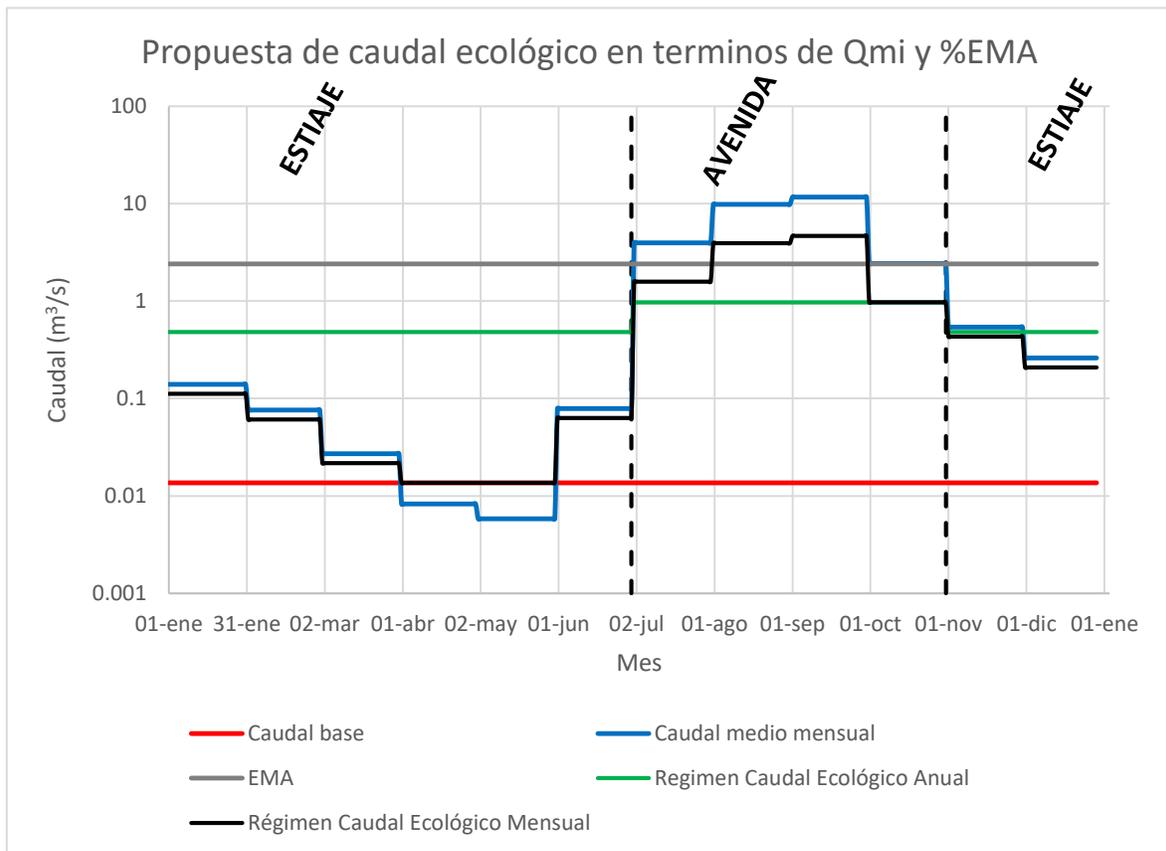
► E.H. 11035 – La Ballona

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 11035 – La Ballona					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	0.18	20.00	0.74	80.00	0.14
Febrero	0.07	20.00	0.74	80.00	0.05
Marzo	0.03	20.00	0.74	80.00	0.03
Abril	0.03	20.00	0.74	80.00	0.03
Mayo	0.06	20.00	0.74	80.00	0.05
Junio	0.36	20.00	0.74	80.00	0.29
Julio	7.61	40.00	1.49	40.00	3.05
Agosto	14.03	40.00	1.49	40.00	5.61
Septiembre	17.41	40.00	1.49	40.00	6.97
Octubre	3.71	20.00	0.74	80.00	2.97
Noviembre	0.96	20.00	0.74	80.00	0.77
Diciembre	0.21	20.00	0.74	80.00	0.17
$Q_{ecol\ prom} =$		0.93		1.68	
EMA =		3.72		m3/s	
$Q_{base} =$		0.01		m3/s	



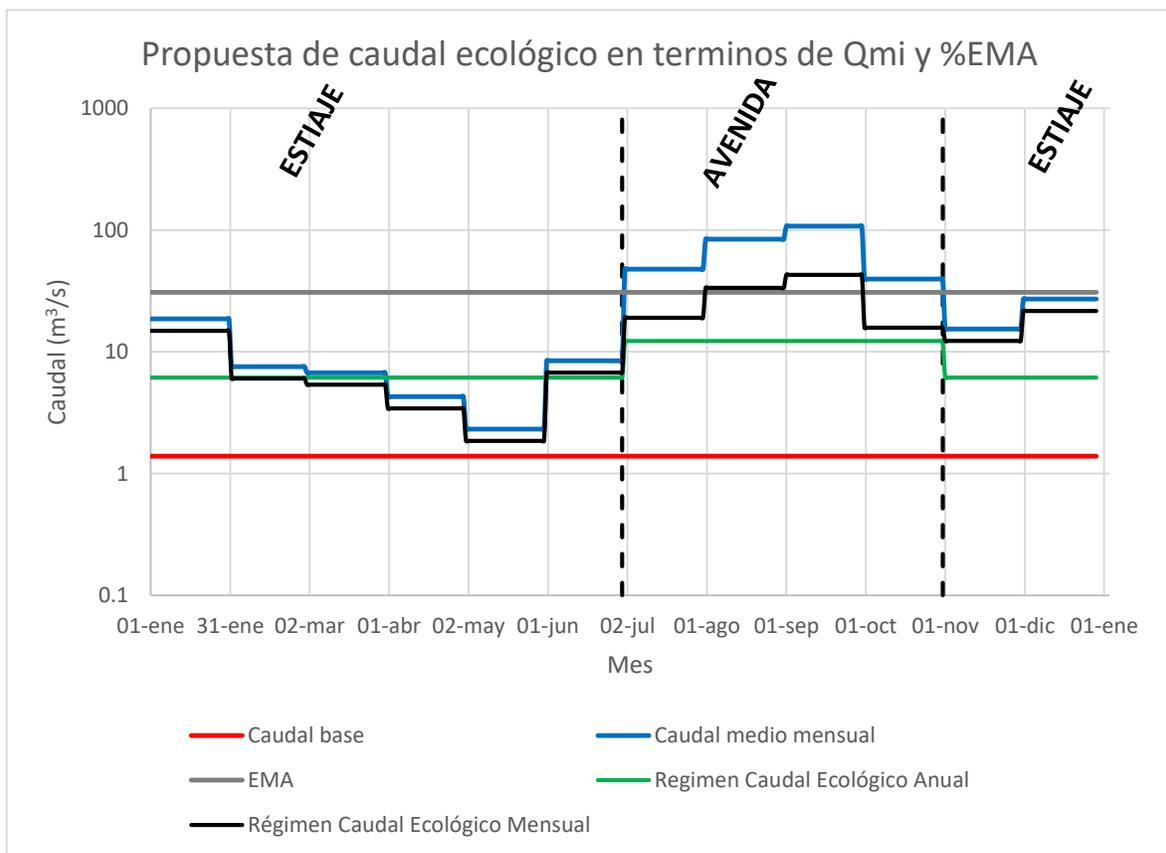
► E.H. 11046 – Rosa Morada

Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 11046 – Rosa Morada					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	0.14	20.00	0.48	80.00	0.11
Febrero	0.08	20.00	0.48	80.00	0.06
Marzo	0.03	20.00	0.48	80.00	0.02
Abril	0.03	20.00	0.48	80.00	0.02
Mayo	0.01	20.00	0.48	80.00	0.01
Junio	0.01	20.00	0.48	80.00	0.01
Julio	0.08	20.00	0.48	80.00	0.06
Agosto	3.95	40.00	0.97	40.00	1.58
Septiembre	9.81	40.00	0.97	40.00	3.93
Octubre	11.65	40.00	0.97	40.00	4.66
Noviembre	2.43	40.00	0.97	40.00	0.97
Diciembre	0.54	20.00	0.48	80.00	0.43
$Q_{ecol\ prom} =$			0.64		0.99
EMA =			2.41		m3/s
$Q_{base} =$			0.01		m3/s



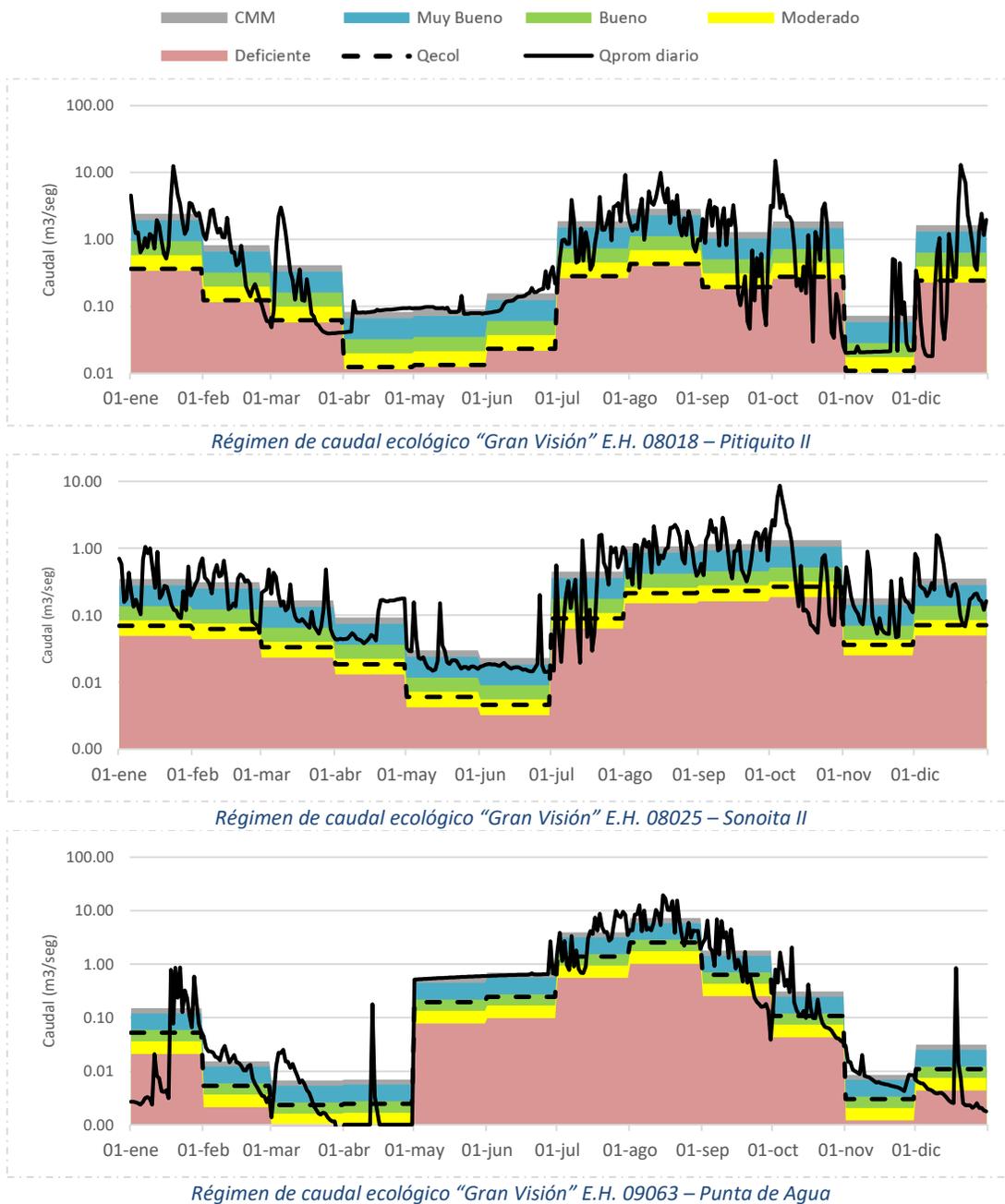
► E.H. 11058 – Siqueros

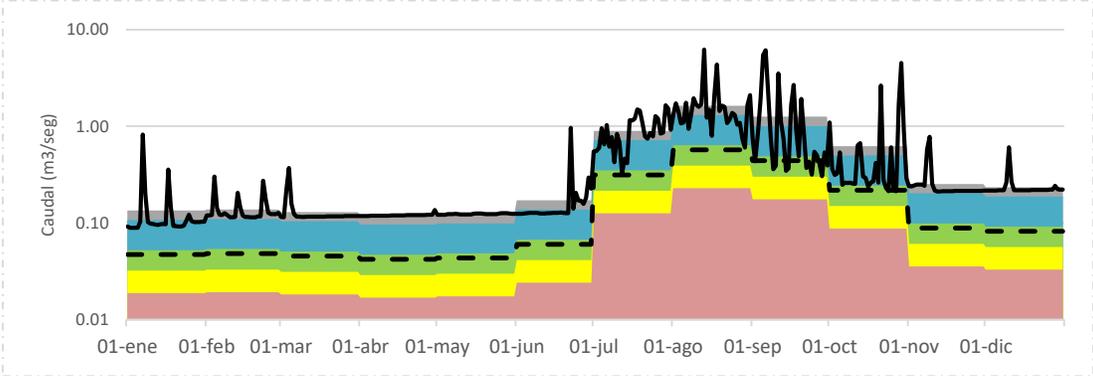
Propuesta de régimen de caudal ecológico para la estación 11058 – Siqueros					
Mes	Caudal medio mensual Q_{mi} [m3/s)	REGIMEN DE CAUDAL ECOLOGICO			
		Anual		Mensual	
		%EMA	Q_{ecol} [m3/s)	% Q_{mi}	Q_{ecol} [m3/s)
Enero	18.62	20.00	6.15	80.00	14.89
Febrero	7.55	20.00	6.15	80.00	6.04
Marzo	6.72	20.00	6.15	80.00	5.38
Abril	6.72	20.00	6.15	80.00	5.38
Mayo	4.29	20.00	6.15	80.00	3.43
Junio	2.32	20.00	6.15	80.00	1.86
Julio	8.44	20.00	6.15	80.00	6.75
Agosto	47.62	40.00	12.29	40.00	19.05
Septiembre	83.90	40.00	12.29	40.00	33.56
Octubre	107.31	40.00	12.29	40.00	42.92
Noviembre	39.51	40.00	12.29	40.00	15.80
Diciembre	15.38	20.00	6.15	80.00	12.30
$Q_{ecol\ prom} =$		8.19		13.95	
EMA =		30.73		m3/s	
$Q_{base} =$		1.39		m3/s	



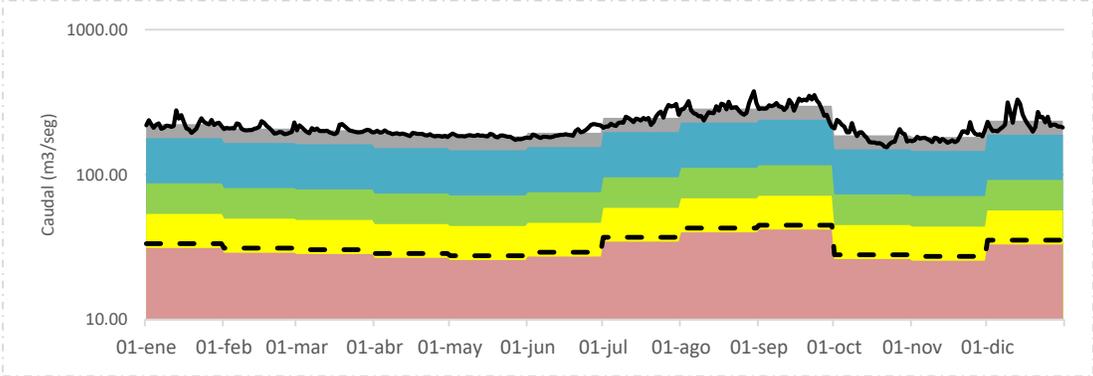
8.7. Anexo VII. Propuesta de régimen de caudal ecológico. Metodología hidrológica de Gran Visión (Apéndice Normativo D)

A continuación, se presentan los gráficos de la propuesta de régimen de caudal ecológico con la aproximación de “Gran Visión”. Todas las figuras son de elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

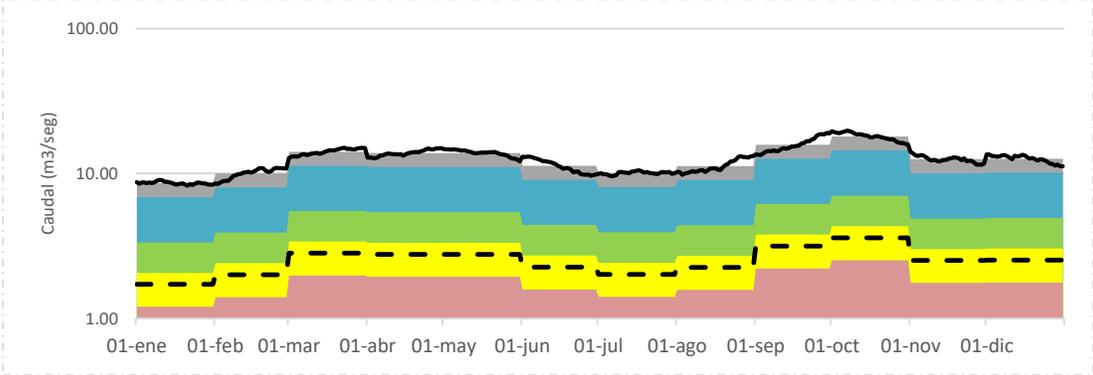




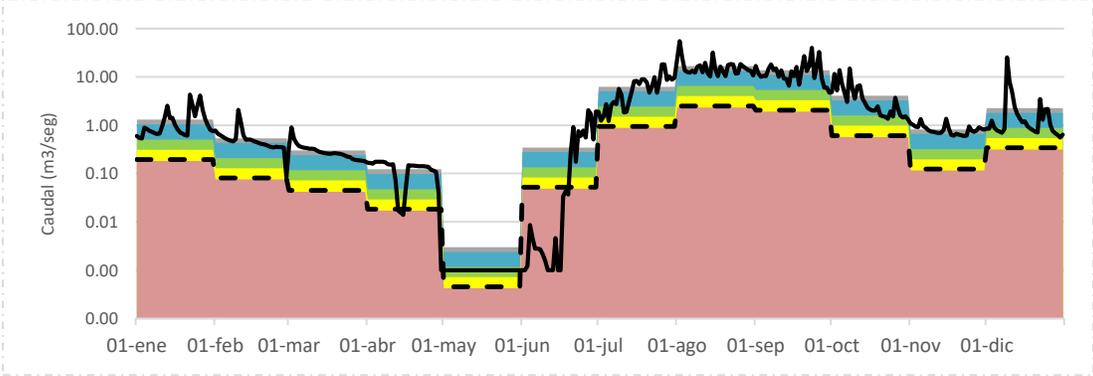
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 09089 – Cocoraque



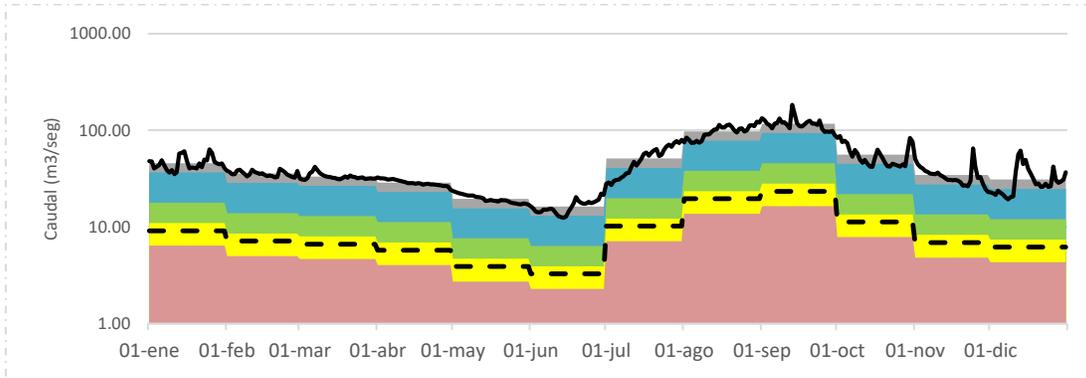
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 10018 – Puente Sud Pacifico



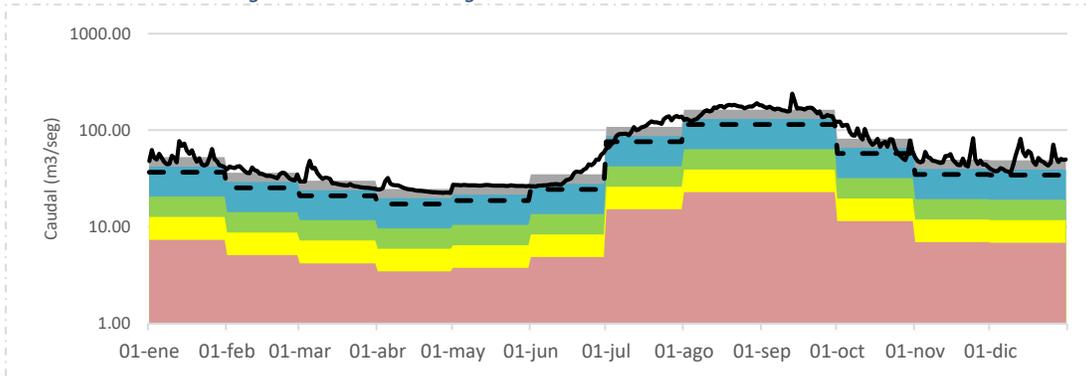
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 10023 – Puente Nuevo



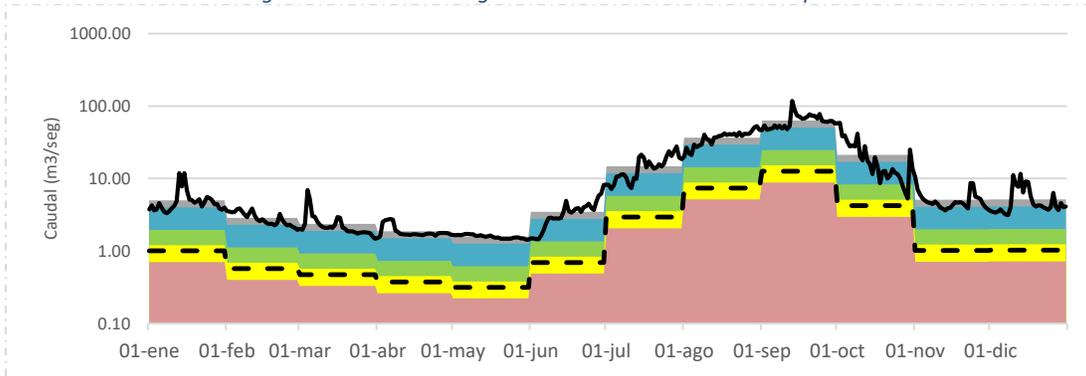
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 10031 – Guamúchil



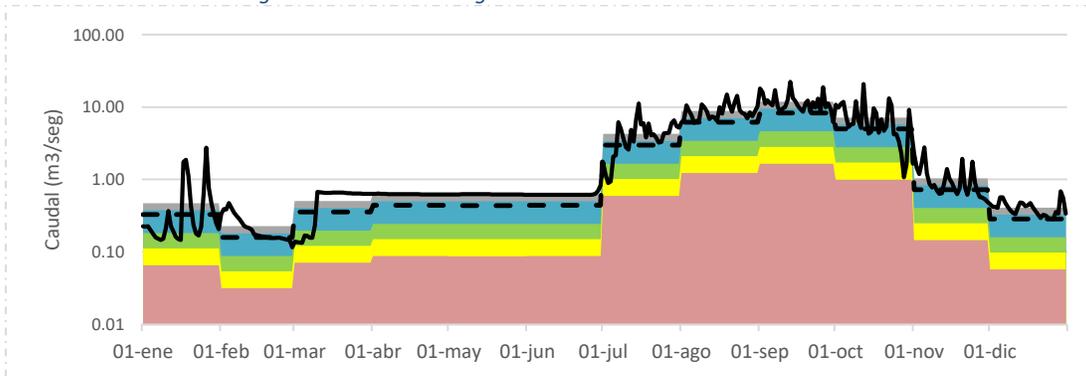
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 10040 – Santa Cruz



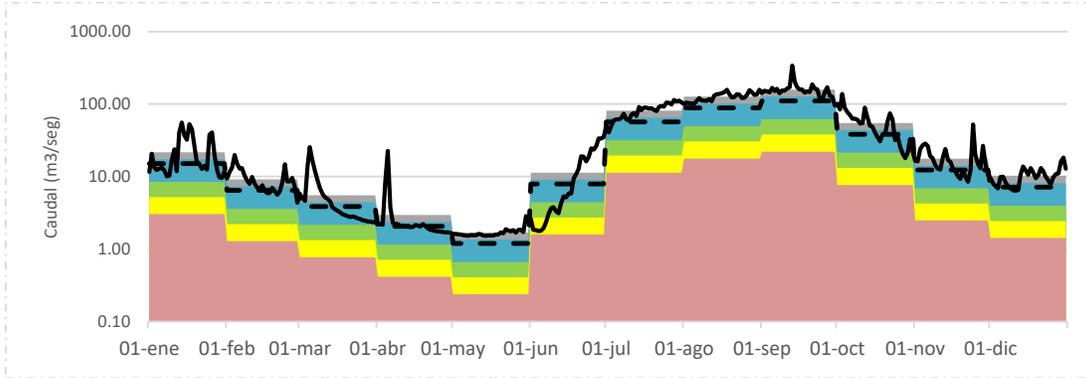
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 10065 – Ixpalino



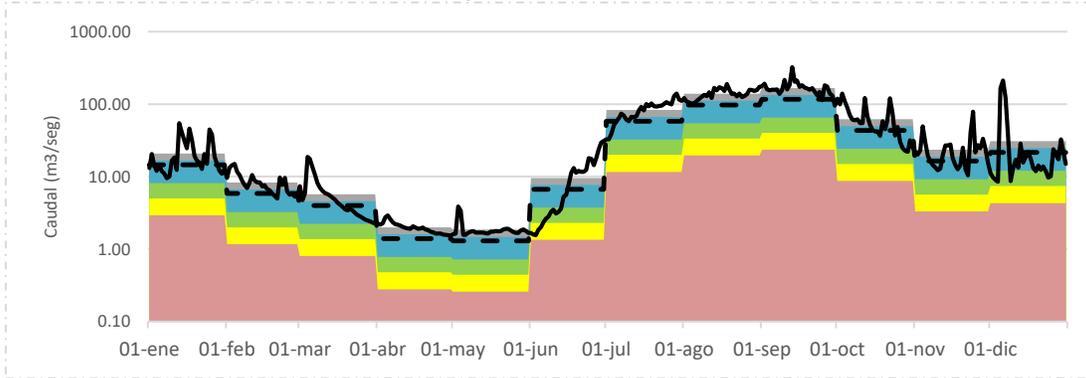
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 10070 – Acatitán



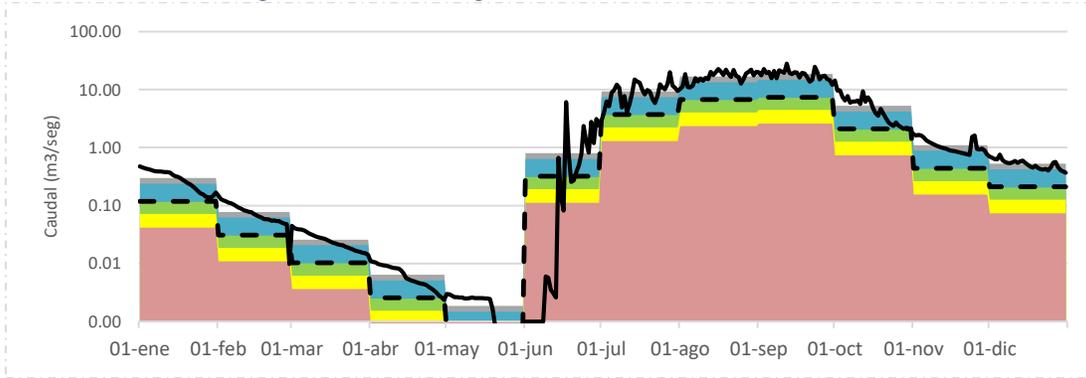
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 10083 – El Quelite



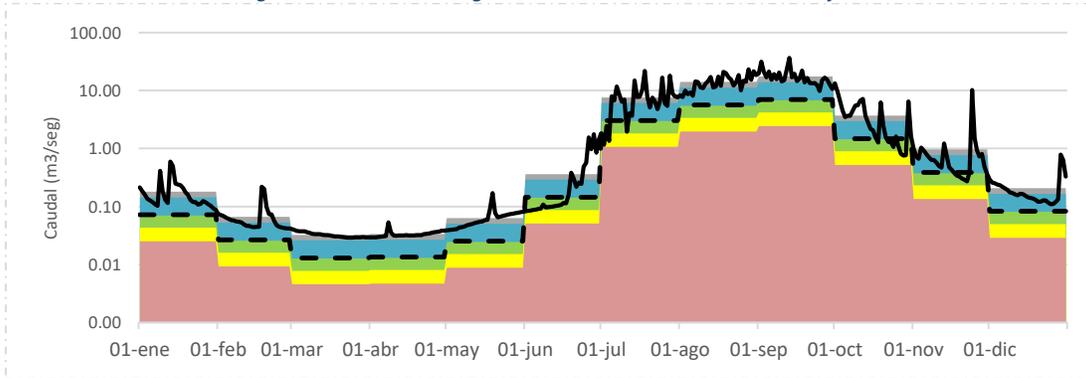
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 11014 – Acajoneta



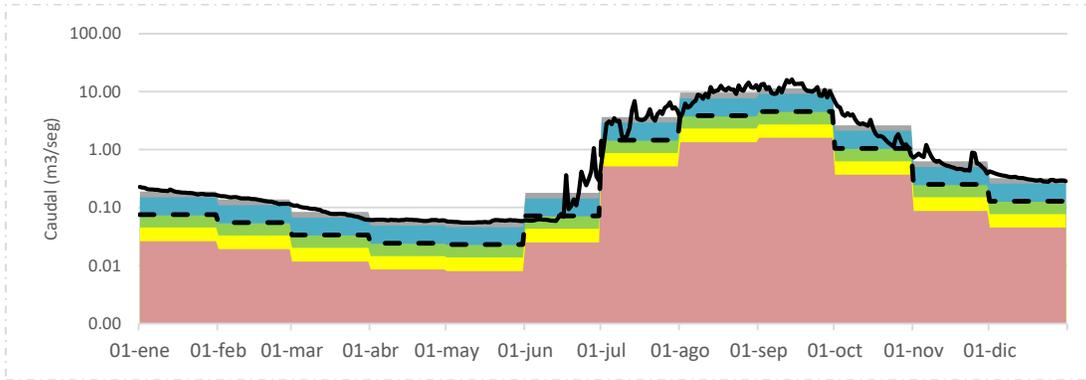
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 11016 – Baluarte



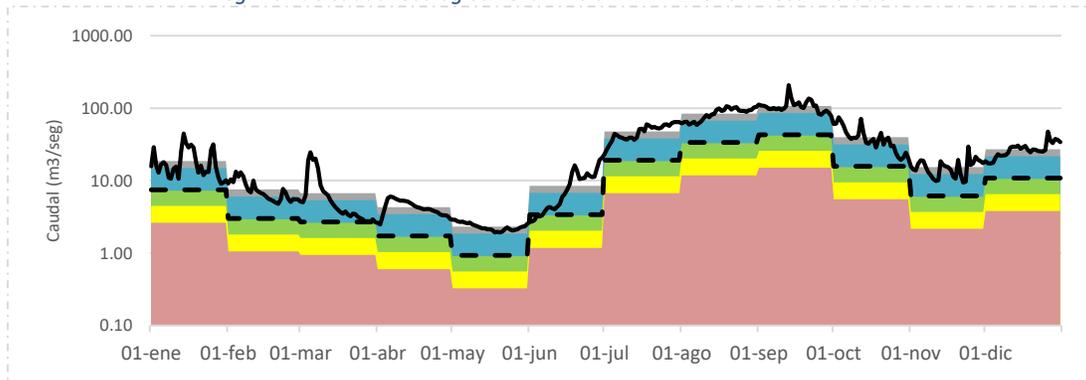
Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 11030 – El Bejuco



Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 11035 – La Ballona



Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 11046 – Rosa Morada



Régimen de caudal ecológico "Gran Visión" E.H. 11058 – Siqueiros

8.8. Anexo VIII. Propuesta de régimen de caudal ecológico. Metodología hidrológica detallada (Alianza WWF México – Fundación Gonzalo Rio Arronte I.A.P.; Apéndice Normativo D)

A continuación, se presentan las tablas con el régimen de caudal ecológico para las distintas estaciones hidrométricas evaluadas y para diferentes tipos de año hidrológico. Todas las tablas son de elaboración propia basada en información de CONAGUA (2012; 2016).

► E.H. 08018 – Pitiquito II

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 08018 – Pitiquito II								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
FEBRERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
ABRIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JULIO	0.0	0.1	0.2	0.5	0.7	1.8	3.7	9.6
AGOSTO	0.1	0.2	0.4	0.9	1.3	3.2	5.8	14.9
SEPTIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	1.8	4.2	11.0
OCTUBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	1.6
NOVIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
DICIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	0.37		1.49		6.89		37.68	
%Esc medio anual	0.80		3.23		14.99		81.90	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	1.00		0.00		0.00		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	0.37		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		0.80			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 08018 – Pitiquito II				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	20.00	70.00	200.00
	Va (Hm3/día)	1.728	6.048	17.28
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		2	1	1
Duración (número de días - Da)		4	2	2
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	342		
	Descenso	75		
V_{Ra} a 10 años		13.824	12.096	34.56
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		60.48		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		6.048		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	08018 – Pitiquito II	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	0.37	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	6.04	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{tr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	6.41	Hm ³ /año
	13.94	% del EMA

► E.H. 08025 – Sonoita II

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 08025 – Sonoita II								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3	1.1	2.8
FEBRERO	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.7
MARZO	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.6
ABRIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JULIO	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.4	0.6	1.4
AGOSTO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.8	1.3	3.3
SEPTIEMBRE	0.0	0.1	0.0	0.1	0.2	0.6	3.3	8.6
OCTUBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	1.4	3.7
NOVIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5
DICIEMBRE	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.3	0.7
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	0.75		0.88		3.01		22.54	
%Esc medio anual	3.97		4.65		15.93		119.10	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	1.00		0.00		0.00		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	0.75		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		3.97			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 08025 – Sonoita II				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	7.00	15.00	55.00
	Va (Hm3/día)	0.6048	1.296	4.752
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		2	1	1
Duración (número de días - Da)		2	2	4
Momento de ocurrencia		Julio - Octubre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	272		
	Descenso	58		
V_{Ra} a 10 años		2.4192	2.592	19.008
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		24.02		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		2.402		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	08025 – Sonoita II	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	0.75	Hm³/año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	2.402	Hm³/año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	3.15	Hm³/año
	16.66	% del EMA

► E.H. 09063 – Punta de Agua

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 09063 – Punta de Agua								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.210	0.544
FEBRERO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.047
MARZO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
ABRIL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
MAYO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
JUNIO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004
JULIO	0.221	0.572	0.226	0.585	1.157	2.999	7.027	18.215
AGOSTO	1.842	4.774	1.914	4.961	3.577	9.270	8.810	22.834
SEPTIEMBRE	0.030	0.078	0.162	0.419	0.484	1.255	3.224	8.356
OCTUBRE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.542	1.405
NOVIEMBRE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.010
DICIEMBRE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	5.42		5.96		13.52		51.42	
%Esc medio anual	14.14		15.55		35.26		134.05	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.40		0.40		0.20		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	7.26		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		18.93			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 09063 – Punta de Agua				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	15.00	40.00	100.00
	Va (Hm3/día)	1.296	3.456	8.64
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		5	3	2
Duración (número de días - Da)		1	1	1
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	202		
	Descenso	79		
V_{Ra} a 10 años		6.48	10.368	17.28
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		34.12		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		3.41		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	09063 – Punta de Agua	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	7.26	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	3.41	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	10.67	Hm ³ /año
	27.83	% del EMA

► E.H. 09089 – Cocoraque

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 09089 – Cocoraque								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.127	0.328
FEBRERO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.234	0.607
MARZO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.137	0.356
ABRIL	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.103	0.268
MAYO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.117	0.304
JUNIO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.222	0.576
JULIO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.083	0.215	1.132	2.935
AGOSTO	0.000	0.000	0.000	0.000	0.085	0.220	1.718	4.454
SEPTIEMBRE	0.000	0.000	0.027	0.069	0.113	0.292	0.976	2.529
OCTUBRE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.012	0.627	1.626
NOVIEMBRE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.324	0.840
DICIEMBRE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.258	0.669
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	0.00		0.07		0.74		15.49	
%Esc medio anual	0.00		0.47		4.99		104.62	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.40		0.40		0.20		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	0.18		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		1.18			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 09089 – Cocoraque				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	0.25	10.00	60.00
	Va (Hm3/día)	0.0216	0.864	5.184
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		5	3	2
Duración (número de días - Da)		2	2	2
Momento de ocurrencia		Julio - Diciembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso			
	Descenso			
V_{Ra} a 10 años		0.216	5.184	20.736
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		26.13		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		2.61		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	09089 – Cocoraque	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	0.18	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	2.61	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	2.79	Hm ³ /año
	18.83	% del EMA

► E.H. 10018 – Puente Sudpacífico

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10018 – Puente Sudpacífico									
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS		
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}		
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	
ENERO	5.1	13.2	10.3	26.8	12.2	31.7	86.6	224.6	
FEBRERO	5.6	14.5	6.4	16.5	11.0	28.5	32.7	84.6	
MARZO	3.3	8.4	3.6	9.4	6.9	18.0	38.0	98.5	
ABRIL	1.6	4.2	2.2	5.6	3.3	8.4	25.7	66.6	
MAYO	1.1	2.7	1.5	4.0	2.3	6.1	20.6	53.3	
JUNIO	1.6	4.2	3.2	8.3	8.9	23.1	40.5	105.1	
JULIO	20.8	53.9	51.4	133.1	64.2	166.4	204.4	529.9	
AGOSTO	73.8	191.4	90.3	234.1	156.3	405.2	390.5	1012.2	
SEPTIEMBRE	29.2	75.7	44.1	114.3	123.7	320.6	471.1	1221.0	
OCTUBRE	8.7	22.4	26.5	68.8	29.6	76.7	95.9	248.5	
NOVIEMBRE	8.1	20.9	11.9	30.8	14.7	38.1	37.2	96.5	
DICIEMBRE	6.3	16.2	10.5	27.3	18.9	49.0	186.8	484.2	
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	427.80		678.88		1171.77		4225.06		
%Esc medio anual	13.89		22.04		38.03		137.14		
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	1.00		0.00		0.00		0.00		
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	427.80		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		13.89				

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10018 – Puente Sudpacífico				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	325.00	1,425.00	3,250.00
	Va (Hm3/día)	28.08	123.12	280.8
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		2	1	1
Duración (número de días - Da)		4	2	2
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	120		
	Descenso	49		
V_{Ra} a 10 años		224.64	246.24	561.6
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		1032.48		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		103.24		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10018 – Puente Sudpacífico	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	427.80	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	103.24	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	531.04	Hm ³ /año
	17.24	% del EMA

► E.H. 10023 – Puente Nuevo

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10023 – Puente Nuevo								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.3	0.9	2.5	6.6	4.5	11.8	9.5	24.5
FEBRERO	1.2	3.2	2.8	7.3	4.3	11.3	11.4	29.4
MARZO	0.4	1.0	0.8	2.2	3.9	10.1	15.3	39.5
ABRIL	0.1	0.1	0.2	0.6	0.7	1.9	17.8	46.2
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.7	16.6	43.0
JUNIO	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5	1.3	11.5	29.8
JULIO	0.4	1.1	1.6	4.1	4.1	10.6	9.7	25.2
AGOSTO	0.6	1.5	3.8	10.0	5.4	14.1	10.0	26.0
SEPTIEMBRE	4.3	11.3	6.3	16.2	10.4	27.1	16.3	42.2
OCTUBRE	2.2	5.7	6.0	15.5	9.9	25.8	22.2	57.6
NOVIEMBRE	2.0	5.1	5.4	14.0	8.3	21.6	15.2	39.3
DICIEMBRE	1.7	4.5	3.9	10.2	6.7	17.5	12.0	31.1
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	34.40		86.97		153.66		433.82	
%Esc medio anual	11.28		28.53		50.40		142.31	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	1.00		0.00		0.00		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	34.40		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		11.28			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10023 – Puente Nuevo				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	15.00	20.00	30.00
	Va (Hm3/día)	1.296	1.728	2.592
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		2	1	1
Duración (número de días - Da)		5	7	4
Momento de ocurrencia		Agosto - Diciembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	15		
	Descenso	12		
V_{Ra} a 10 años		12.96	12.096	10.368
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		35.42		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		3.54		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10023 – Puente Nuevo	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	34.40	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	3.54	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	37.94	Hm ³ /año
	12.44	% del EMA

► E.H. 10031 – Guamúchil

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10031 – Guamúchil								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.4	1.1
FEBRERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
ABRIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
JULIO	0.6	1.6	0.7	1.7	2.5	6.5	5.9	15.3
AGOSTO	2.5	6.6	2.9	7.6	8.1	21.0	17.0	44.2
SEPTIEMBRE	2.0	5.2	2.2	5.6	3.8	9.7	11.4	29.5
OCTUBRE	0.1	0.3	0.3	0.7	0.7	1.7	5.1	13.1
NOVIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.7	1.9
DICIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.6	1.5
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	13.73		15.87		39.80		107.11	
%Esc medio anual	12.60		14.56		36.52		98.27	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	1.00		0.00		0.00		0.00	

Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	13.73	Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)	12.60
--	-------	--	-------

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10031 – Guamúchil				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	50.00	125.00	400.00
	Va (Hm3/día)	4.32	10.8	34.56
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		2	1	1
Duración (número de días - Da)		1	1	1
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	565		
	Descenso	90		
V_{Ra} a 10 años		8.64	10.8	34.56
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		54		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		5.4		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10031 – Guamúchil	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	13.73	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	5.4	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	19.13	Hm ³ /año
	17.55	% del EMA

► E.H. 10040 – Santa Cruz

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10040 – Santa Cruz								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	4.1	10.7	4.7	12.2	6.3	16.3	76.3	197.7
FEBRERO	2.8	7.2	3.9	10.1	4.9	12.7	17.9	46.3
MARZO	2.3	6.1	2.9	7.4	3.4	8.9	11.6	30.1
ABRIL	1.9	4.9	2.2	5.8	2.5	6.4	4.4	11.5
MAYO	1.5	3.9	1.7	4.3	1.8	4.7	3.3	8.5
JUNIO	2.5	6.5	2.8	7.2	3.4	8.8	13.1	33.8
JULIO	18.3	47.6	31.9	82.6	43.2	112.1	105.7	273.8
AGOSTO	50.2	130.1	66.6	172.6	81.8	211.9	210.7	546.2
SEPTIEMBRE	31.8	82.5	43.2	112.1	75.5	195.6	237.0	614.2
OCTUBRE	7.2	18.6	10.9	28.2	19.2	49.9	78.3	202.9
NOVIEMBRE	4.1	10.6	5.9	15.3	7.3	19.0	20.3	52.6
DICIEMBRE	4.0	10.5	5.7	14.8	7.1	18.4	44.7	116.0
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	339.07		472.85		664.76		2133.73	
%Esc medio anual	21.45		29.91		42.05		134.98	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	1.00		0.00		0.00		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	339.07		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		21.45			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10040 – Santa Cruz				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	225.00	575.00	1,400.00
	Va (Hm3/día)	19.44	49.68	120.96
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		2	1	1
Duración (número de días - Da)		4	2	2
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	66		
	Descenso	41		
V_{Ra} a 10 años		155.52	99.36	241.92
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		496.8		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		49.6		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10040 – Santa Cruz	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	339.07	Hm³/año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	49.6	Hm³/año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	388.75	Hm³/año
	24.59	% del EMA

► E.H. 10065 – Ixpalino

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10065 – Ixpalino								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	2.7	6.9	4.1	10.5	6.7	17.3	38.3	99.3
FEBRERO	2.0	5.2	3.2	8.3	4.8	12.5	15.1	39.2
MARZO	1.6	4.0	2.1	5.5	2.9	7.5	7.9	20.4
ABRIL	0.9	2.4	1.0	2.7	1.6	4.3	3.7	9.6
MAYO	0.4	0.9	0.7	1.8	1.0	2.5	2.4	6.2
JUNIO	1.0	2.5	1.4	3.7	2.5	6.5	8.7	22.4
JULIO	13.2	34.3	29.7	77.0	40.2	104.3	93.0	241.0
AGOSTO	42.1	109.0	52.6	136.3	94.8	245.7	177.2	459.3
SEPTIEMBRE	21.6	56.1	51.6	133.7	86.4	224.0	197.2	511.1
OCTUBRE	7.9	20.4	17.5	45.3	31.8	82.4	89.1	231.0
NOVIEMBRE	3.4	8.7	5.7	14.8	10.6	27.4	22.5	58.4
DICIEMBRE	3.7	9.5	6.1	15.8	8.0	20.8	40.1	103.8
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	260.04		455.37		754.91		1801.66	
%Esc medio anual	18.08		31.66		52.49		125.28	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.20		0.30		0.40		0.10	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	670.75		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		46.64			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10065 – Ixpalino				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	200.00	500.00	1,425.00
	Va (Hm3/día)	17.28	43.2	123.12
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		10	6	2
Duración (número de días - Da)		3	1	1
Momento de ocurrencia		Agosto - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	102		
	Descenso	48		
V_{Ra} a 10 años		518.4	259.2	246.24
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		1023.84		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		102.38		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10065 – Ixpalino	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	670.75	Hm³/año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	102.38	Hm³/año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	773.13	Hm³/año
	53.76	% del EMA

► E.H. 10070 – Acatitán

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10070 – Acatitán								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.3	0.9	0.4	1.0	0.9	2.4	5.1	13.2
FEBRERO	0.3	0.8	0.4	1.1	0.6	1.6	1.7	4.4
MARZO	0.2	0.5	0.3	0.8	0.4	1.0	1.0	2.5
ABRIL	0.1	0.4	0.2	0.5	0.2	0.5	0.5	1.2
MAYO	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.4	0.3	0.7
JUNIO	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.5	1.7	4.4
JULIO	2.6	6.8	5.7	14.9	8.7	22.7	26.0	67.5
AGOSTO	8.0	20.8	11.5	29.7	21.9	56.7	63.8	165.4
SEPTIEMBRE	3.7	9.5	11.1	28.8	26.4	68.4	65.9	170.8
OCTUBRE	1.0	2.6	2.9	7.5	5.5	14.3	23.4	60.7
NOVIEMBRE	0.4	1.0	0.7	1.8	1.9	4.9	5.0	13.0
DICIEMBRE	0.5	1.3	0.7	1.9	1.2	3.1	5.5	14.2
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	45.14		88.48		176.50		518.07	
%Esc medio anual	11.68		22.90		45.69		134.10	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	1.00		0.00		0.00		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	45.14		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		11.68			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10070 – Acatitán				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	100.00	225.00	675.00
	Va (Hm3/día)	8.64	19.44	58.32
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		2	1	1
Duración (número de días - Da)		2	1	1
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	233		
	Descenso	67		
V_{Ra} a 10 años		34.56	19.44	58.32
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		112.32		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		11.2		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10070 – Acatitán	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	45.14	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	11.2	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	56.37	Hm ³ /año
	14.59	% del EMA

► E.H. 10083 – El Quelite

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10083 – El Quelite								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.2	0.3	0.8
FEBRERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
ABRIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JULIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	4.1	10.7
AGOSTO	2.0	5.2	2.1	5.4	3.3	8.7	12.3	31.8
SEPTIEMBRE	2.1	5.5	3.9	10.1	8.4	21.7	20.8	54.0
OCTUBRE	0.7	1.9	0.8	2.2	1.4	3.5	7.4	19.3
NOVIEMBRE	0.1	0.1	0.1	0.2	0.3	0.8	0.8	2.0
DICIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.3	0.5	1.3
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	12.89		18.10		35.60		120.48	
%Esc medio anual	13.80		19.38		38.11		128.97	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.20		0.30		0.40		0.10	

Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	34.30	Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)	36.72
--	-------	--	-------

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10083 – El Quelite				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	25.00	100.00	300.00
	Va (Hm3/día)	2.16	8.64	25.92
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		10	6	2
Duración (número de días - Da)		2	1	1
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	163		
	Descenso	67		
V_{Ra} a 10 años		43.2	51.84	51.84
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		146.88		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		14.68		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10083 – El Quelite	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	34.30	Hm³/año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	14.68	Hm³/año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	48.99	Hm³/año
	52.44	% del EMA

► E.H. 10085 – San Miguel Z

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10085 – San Miguel Z								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	1.8	4.6	2.8	7.2	6.4	16.6	53.3	138.1
FEBRERO	1.3	3.4	1.7	4.5	3.5	9.2	33.7	87.4
MARZO	1.1	2.7	1.1	3.0	2.0	5.3	8.8	22.8
ABRIL	1.5	3.8	1.6	4.1	1.9	4.9	8.3	21.6
MAYO	1.2	3.0	1.3	3.3	2.0	5.1	7.8	20.2
JUNIO	0.8	2.2	1.7	4.4	2.9	7.6	6.4	16.6
JULIO	1.9	4.9	2.6	6.7	5.8	15.1	20.2	52.4
AGOSTO	3.2	8.4	6.1	15.7	11.0	28.6	242.7	629.1
SEPTIEMBRE	4.7	12.1	5.6	14.4	7.6	19.8	231.5	600.0
OCTUBRE	0.9	2.4	2.7	6.9	7.0	18.2	48.7	126.2
NOVIEMBRE	0.8	2.1	1.5	3.8	4.8	12.6	73.2	189.7
DICIEMBRE	2.3	5.9	3.7	9.6	6.5	16.7	62.8	162.7
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	55.47		83.60		159.61		2066.70	
%Esc medio anual	4.03		6.08		11.60		150.19	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.60		0.40		0.00		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	66.72		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		4.85			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10085 – San Miguel Z				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	50.00	250.00	825.00
	Va (Hm3/día)	4.32	21.6	71.28
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		3	2	1
Duración (número de días - Da)		6	7	6
Momento de ocurrencia		Agosto - Diciembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	67		
	Descenso	34		
V_{Ra} a 10 años		77.76	302.4	427.68
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		807.84		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		80.78		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10085 – San Miguel Z	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	66.72	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	80.78	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	147.50	Hm ³ /año
	10.72	% del EMA

► E.H. 10086 – Pericos

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10086 – Pericos								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
FEBRERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
ABRIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
JULIO	0.1	0.3	0.1	0.3	0.3	0.8	1.6	4.2
AGOSTO	0.4	1.0	0.5	1.2	0.6	1.7	3.1	8.0
SEPTIEMBRE	0.1	0.2	0.3	0.8	0.6	1.5	2.1	5.5
OCTUBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.3	0.8
NOVIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2
DICIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	1.43		2.31		4.23		20.11	
%Esc medio anual	9.17		14.81		27.14		128.98	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.40		0.40		0.20		0.00	

Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	2.34	Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)	15.02
--	------	--	-------

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10086 – Pericos				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	10.00	25.00	60.00
	Va (Hm3/día)	0.864	2.16	5.184
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		5	3	2
Duración (número de días - Da)		2	2	1
Momento de ocurrencia		Julio - Octubre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	353		
	Descenso	78		
V_{Ra} a 10 años		8.64	12.96	10.368
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		31.96		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		3.19		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10086 – Pericos	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	2.34	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	3.19	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	5.54	Hm ³ /año
	35.53	% del EMA

► E.H. 10120 – Guasave Puente Carretera

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10120 – Guasave Puente Carretera									
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS		
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}		
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	
ENERO	0.2	0.6	0.3	0.8	5.5	14.2	42.9	111.3	
FEBRERO	0.2	0.5	0.2	0.6	2.3	5.9	17.3	44.8	
MARZO	0.2	0.4	0.2	0.5	0.6	1.4	13.9	36.1	
ABRIL	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2	0.6	5.1	13.3	
MAYO	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.3	4.3	11.1	
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.1	0.4	0.9	5.2	13.5	
JULIO	0.3	0.7	2.2	5.6	17.6	45.7	52.6	136.5	
AGOSTO	11.7	30.3	18.0	46.7	35.6	92.3	81.2	210.4	
SEPTIEMBRE	17.0	44.1	20.9	54.1	33.8	87.7	130.1	337.1	
OCTUBRE	0.8	2.0	1.2	3.2	9.2	23.9	74.7	193.7	
NOVIEMBRE	0.3	0.9	0.5	1.3	2.6	6.7	14.9	38.7	
DICIEMBRE	0.3	0.8	0.4	1.0	2.0	5.2	32.7	84.8	
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	80.67		114.23		284.85		1231.40		
%Esc medio anual	7.98		11.30		28.19		121.85		
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	1.00		0.00		0.00		0.00		
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	80.67		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		7.98				

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10120 – Guasave Puente Carretera				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	100.00	300.00	950.00
	Va (Hm3/día)	8.64	25.92	82.08
Frecuencia de ocurrencia (F_a)		2	1	1
Duración (número de días - D_a)		4	3	2
Momento de ocurrencia		Julio - Octubre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	108		
	Descenso	47		
V_{Ra} a 10 años		69.12	77.76	164.16
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		311.04		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		31.10		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca	
Estación	10120 – Guasave Puente Carretera
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	80.67 Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	31.10 Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	111.77 Hm ³ /año
	11.06 % del EMA

► E.H. 11012 – San Pedro

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 11012 – San Pedro								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.8	2.1	3.0	7.9	5.3	13.7	35.1	90.9
FEBRERO	1.5	3.8	3.0	7.8	4.0	10.4	17.9	46.4
MARZO	0.3	0.7	1.1	2.9	2.5	6.4	7.9	20.4
ABRIL	0.1	0.2	0.5	1.4	1.3	3.4	4.1	10.7
MAYO	0.0	0.1	0.2	0.5	0.9	2.3	2.9	7.6
JUNIO	0.6	1.6	3.6	9.4	10.2	26.5	39.2	101.5
JULIO	37.6	97.4	69.4	179.8	105.0	272.1	207.3	537.4
AGOSTO	47.4	122.8	110.5	286.3	167.6	434.3	308.1	798.5
SEPTIEMBRE	51.9	134.6	126.4	327.5	176.1	456.5	415.0	1075.7
OCTUBRE	10.3	26.6	30.9	80.2	50.1	129.8	171.4	444.3
NOVIEMBRE	3.6	9.4	8.9	23.2	11.1	28.9	37.6	97.5
DICIEMBRE	1.5	3.9	4.2	11.0	6.5	16.8	28.3	73.2
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	403.09		937.80		1401.22		3304.00	
%Esc medio anual	15.41		35.85		53.57		126.32	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.20		0.30		0.40		0.10	

Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	1252.85	Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)	47.90
--	---------	--	-------

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 11012 – San Pedro

Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	250.00	825.00	2,000.00
	Va (Hm3/día)	21.6	71.28	172.8
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		10	6	2
Duración (número de días - Da)		5	2	2
Momento de ocurrencia		Julio - Octubre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	78		
	Descenso	40		
V_{Ra} a 10 años		1080	855.36	691.2
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		2626.56		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		262.65		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca	
Estación	11012 – San Pedro
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	1252.85 Hm³/año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	262.65 Hm³/año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	1,515.50 Hm³/año
	57.94 % del EMA

► E.H. 11014 – Acaponeta

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 11014 – Acaponeta								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	2.0	5.2	2.6	6.7	3.0	7.7	18.9	48.9
FEBRERO	1.7	4.3	2.0	5.1	2.6	6.6	7.5	19.5
MARZO	1.1	2.9	1.4	3.7	1.8	4.7	3.7	9.7
ABRIL	0.9	2.4	1.3	3.4	1.5	4.0	2.4	6.2
MAYO	0.9	2.3	1.1	2.9	1.3	3.5	2.0	5.2
JUNIO	1.6	4.2	1.8	4.8	3.0	7.9	15.6	40.5
JULIO	14.8	38.3	33.4	86.5	46.9	121.7	102.7	266.2
AGOSTO	48.4	125.4	65.7	170.2	91.9	238.2	155.9	404.0
SEPTIEMBRE	56.8	147.3	77.2	200.2	98.0	254.1	204.7	530.7
OCTUBRE	7.4	19.3	13.7	35.5	27.4	71.0	64.0	165.8
NOVIEMBRE	3.0	7.8	3.3	8.6	5.2	13.4	11.8	30.6
DICIEMBRE	2.5	6.5	3.0	7.7	3.6	9.4	11.2	29.0
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	365.89		535.24		742.19		1556.40	
%Esc medio anual	28.71		42.00		58.24		122.12	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.20		0.30		0.40		0.10	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	686.27		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		53.85			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 11014 – Acaponeta				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	225.00	525.00	1,750.00
	Va (Hm3/día)	19.44	45.36	151.2
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		10	6	2
Duración (número de días - Da)		2	2	2
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	110		
	Descenso	60		
V_{Ra} a 10 años		388.8	544.32	604.8
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		1537.92		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		153.79		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca	
Estación	11014 – Acaponeta
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	686.27 Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	153.79 Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	840.06 Hm ³ /año
	65.91 % del EMA

► E.H. 11016 – Baluarte II

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 11016 – Baluarte II								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	1.1	2.9	1.9	5.0	3.0	7.7	26.1	67.6
FEBRERO	0.9	2.4	1.2	3.0	1.7	4.5	10.9	28.2
MARZO	0.6	1.5	0.6	1.7	1.1	2.9	3.2	8.3
ABRIL	0.3	0.8	0.3	0.9	0.6	1.5	1.6	4.2
MAYO	0.1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.8	1.1	2.9
JUNIO	0.3	0.8	0.7	1.9	1.9	4.8	16.3	42.4
JULIO	27.6	71.6	41.7	108.0	54.6	141.6	148.7	385.4
AGOSTO	48.1	124.7	69.7	180.7	97.8	253.5	210.8	546.3
SEPTIEMBRE	54.2	140.4	66.4	172.2	123.8	320.8	310.6	805.2
OCTUBRE	14.5	37.5	17.9	46.5	44.0	114.0	78.2	202.7
NOVIEMBRE	3.0	7.8	3.6	9.2	6.3	16.4	15.5	40.2
DICIEMBRE	2.0	5.1	2.8	7.3	4.2	10.9	25.0	64.9
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	395.62		536.83		879.56		2198.31	
%Esc medio anual	23.19		31.47		51.57		128.88	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.20		0.30		0.40		0.10	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	811.83		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		47.60			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 11016 – Baluarte II				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	425.00	950.00	3,000.00
	Va (Hm3/día)	36.72	82.08	259.2
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		10	6	2
Duración (número de días - Da)		2	2	1
Momento de ocurrencia		Julio - Octubre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	155		
	Descenso	69		
V_{Ra} a 10 años		734.4	984.96	518.4
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		2237.76		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		223.77		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	11016 – Baluarte II	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	811.83	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	223.77	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	1,035.60	Hm ³ /año
	60.72	% del EMA

► E.H. 11030 – El Bejuco

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 11030 – El Bejuco								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.4	0.3	0.8
FEBRERO	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.3
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
ABRIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	3.8
JULIO	1.0	2.5	2.0	5.2	4.4	11.5	17.7	45.8
AGOSTO	6.4	16.6	9.1	23.7	15.2	39.3	22.8	59.2
SEPTIEMBRE	10.5	27.2	10.9	28.2	13.9	36.0	32.4	84.0
OCTUBRE	2.0	5.2	2.4	6.3	4.2	10.9	7.8	20.3
NOVIEMBRE	0.2	0.6	0.5	1.3	0.8	2.0	1.6	4.1
DICIEMBRE	0.1	0.3	0.2	0.5	0.3	0.8	0.8	2.0
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	52.63		65.51		100.93		220.63	
%Esc medio anual	32.25		40.14		61.84		135.18	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.40		0.40		0.20		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	67.44		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		41.32			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 11030 – El Bejuco				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	70.00	100.00	175.00
	Va (Hm3/día)	6.048	8.64	15.12
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		5	3	2
Duración (número de días - Da)		1	1	1
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	101		
	Descenso	52		
V_{Ra} a 10 años		30.24	25.92	30.24
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		86.4		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		8.64		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	11030 – El Bejuco	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	67.44	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	8.64	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	76.08	Hm ³ /año
	46.62	% del EMA

► E.H. 11035 – La Ballona

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 09063 – Punta de Agua								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.2	0.5
FEBRERO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
ABRIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4
JULIO	0.0	0.0	0.2	0.5	0.9	2.4	8.3	21.4
AGOSTO	1.2	3.2	2.7	7.0	5.7	14.7	18.5	48.1
SEPTIEMBRE	2.3	5.9	4.0	10.4	8.3	21.6	22.5	58.4
OCTUBRE	0.3	0.9	0.6	1.6	1.0	2.5	4.7	12.2
NOVIEMBRE	0.0	0.0	0.1	0.2	0.2	0.4	0.9	2.3
DICIEMBRE	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.6
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	9.97		19.75		41.91		144.14	
%Esc medio anual	8.61		17.06		36.19		124.47	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.40		0.40		0.20		0.00	

Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	20.27	Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)	17.50
--	-------	--	-------

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 09063 – Punta de Agua				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	20.00	100.00	300.00
	Va (Hm3/día)	1.728	8.64	25.92
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		5	3	2
Duración (número de días - Da)		4	2	2
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	394		
	Descenso	78		
V_{Ra} a 10 años		34.56	51.84	103.68
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		190.08		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		19.00		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	09063 – Punta de Agua	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	20.27	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	19.00	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	39.28	Hm ³ /año
	33.92	% del EMA

► E.H. 11046 – Rosa Morada

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 11046 – Rosa Morada								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	0.0	0.1	0.1	0.3	0.1	0.3	0.1	0.4
FEBRERO	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2
MARZO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
ABRIL	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAYO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JUNIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
JULIO	0.2	0.5	0.4	0.9	1.0	2.5	5.6	14.5
AGOSTO	0.6	1.5	1.6	4.1	7.6	19.6	13.1	34.1
SEPTIEMBRE	1.0	2.6	3.3	8.5	9.0	23.2	14.4	37.5
OCTUBRE	0.8	2.1	1.0	2.5	1.6	4.1	3.1	8.2
NOVIEMBRE	0.3	0.7	0.3	0.8	0.4	1.0	0.6	1.5
DICIEMBRE	0.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.5	0.3	0.7
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	7.87		17.64		51.46		97.24	
%Esc medio anual	10.48		23.49		68.51		129.48	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.40		0.40		0.20		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	20.50		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		27.29			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 11046 – Rosa Morada				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	10.00	30.00	100.00
	Va (Hm3/día)	0.864	2.592	8.64
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		5	3	2
Duración (número de días - Da)		3	2	1
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	223		
	Descenso	62		
V_{Ra} a 10 años		12.96	15.552	17.28
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		45.792		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		4.57		

Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca	
Estación	11046 – Rosa Morada
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	20.50 Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	4.57 Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{fr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	25.08 Hm ³ /año
	33.39 % del EMA

► E.H. 10058 – Siqueros

Regímenes de caudales ordinarios estacionales y su volumen anual ambiental para la estación 10058 – Siqueros								
TIPO DE AÑO	MUY SECOS		SECOS		MEDIOS		HUMEDOS	
PERCENTIL	P_0		P_{10}		P_{25}		P_{75}	
UNIDAD	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes	m3/seg	Hm3/mes
ENERO	1.3	3.5	1.9	5.0	2.8	7.4	12.8	33.2
FEBRERO	1.1	2.8	1.7	4.3	2.1	5.3	8.5	22.0
MARZO	0.4	1.2	0.9	2.4	1.3	3.3	5.4	14.0
ABRIL	0.2	0.5	0.5	1.3	0.7	1.8	2.5	6.5
MAYO	0.1	0.2	0.3	0.7	0.5	1.3	1.6	4.3
JUNIO	0.2	0.6	0.6	1.5	2.1	5.4	11.6	30.0
JULIO	4.7	12.1	13.8	35.8	26.0	67.4	63.4	164.4
AGOSTO	6.0	15.5	26.2	68.0	45.6	118.3	111.5	288.9
SEPTIEMBRE	5.0	12.9	41.5	107.5	52.2	135.3	151.0	391.5
OCTUBRE	4.9	12.7	9.4	24.4	16.9	43.7	44.4	115.0
NOVIEMBRE	2.2	5.6	3.6	9.4	6.2	16.1	15.6	40.4
DICIEMBRE	1.8	4.6	2.8	7.2	4.3	11.1	18.5	47.9
Volumen del régimen de caudal base (V_{coe} - Hm3/año) para cada condición	72.14		267.53		416.44		1158.17	
%Esc medio anual	7.55		27.99		43.57		121.17	
Frecuencia de ocurrencia (f_{coe})	0.40		0.40		0.20		0.00	
Volumen para efecto del balance de disponibilidad ($V_{t_{coe}}$ - Hm3/año)	219.16		Porcentaje del escurrimiento medio anual (%)		22.93			

Régimen de avenidas y el volumen anual conforme a objetivo ambiental: Estación 10058 – Siqueros				
Atributo del régimen hidrológico		Categoría I	Categoría II	Categoría III
Magnitud	Q (m3/s)	150.00	325.00	1,100.00
	Va (Hm3/día)	12.96	28.08	95.04
Frecuencia de ocurrencia (Fa)		5	3	2
Duración (número de días - Da)		3	2	1
Momento de ocurrencia		Julio - Septiembre		
Tasa de cambio (%)	Ascenso	86		
	Descenso	49		
V_{Ra} a 10 años		194.4	168.48	190.08
$V_{t_{Ra}}$ a 10 años (Hm3)		552.96		
$V_{t_{Ra}}$ al año (Hm3)		55.29		

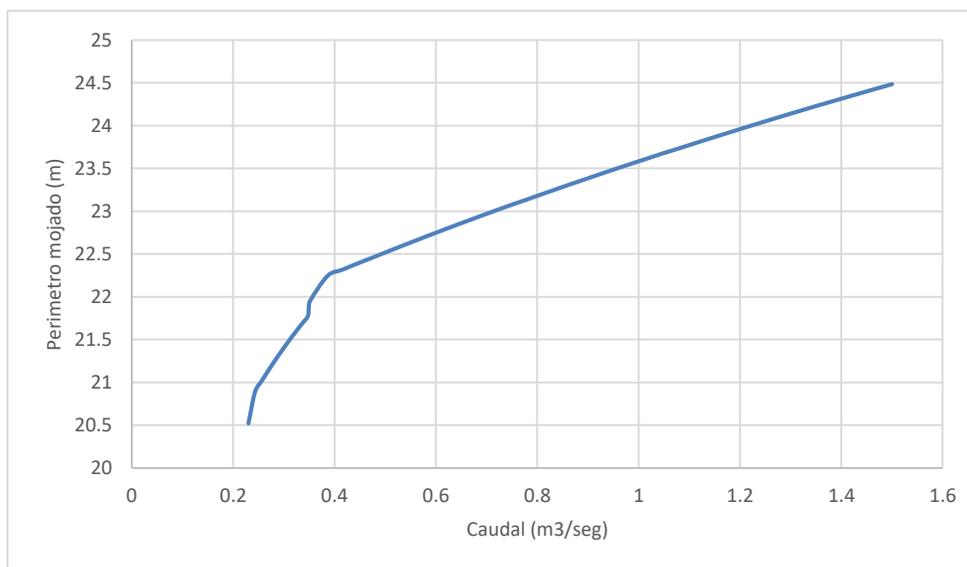
Volumen final de reserva o caudal ecológico a efecto de integración al balance de disponibilidad de la cuenca		
Estación	10058 – Siqueros	
Volumen total caudales ordinarios estacionales ($V_{t_{coe}}$)	219.16	Hm ³ /año
Volumen total régimen de avenidas ($V_{t_{Ra}}$)	55.29	Hm ³ /año
Volumen final de reserva (V_{tr}) = $V_{t_{coe}} + V_{t_{Ra}}$	274.45	Hm ³ /año
	28.71	% del EMA

8.9. Anexo IX. Propuesta de régimen de caudal ecológico. Metodología hidráulica (Método Perímetro Mojado)

A continuación, se presentan los parámetros utilizados para obtener los resultados del método del perímetro mojado para las secciones transversales de cada estación analizada. Todas las tablas son de elaboración propia basada en información de Escalante y Reyes (2004) y CDFW (2020).

► E.H. 08018 – Pitiquito II

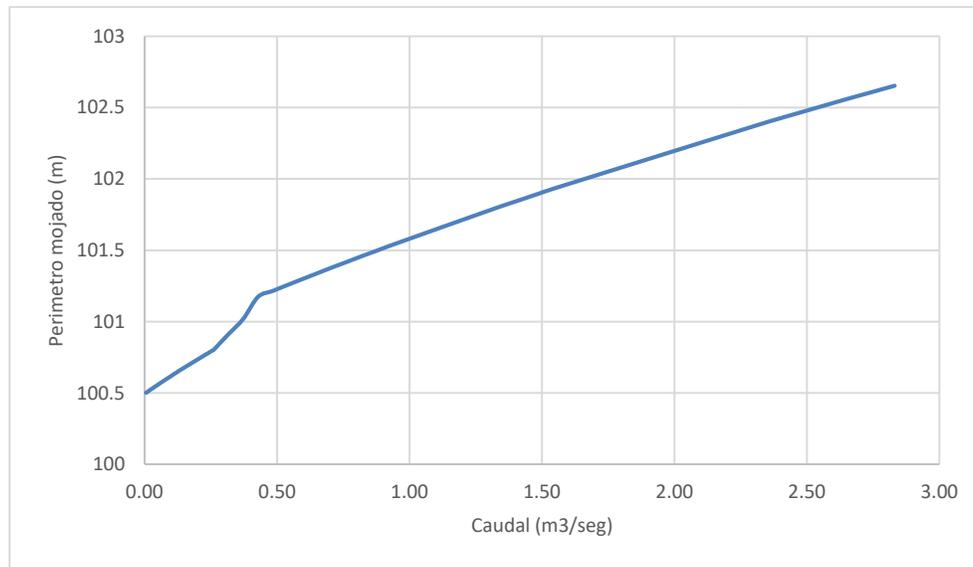
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 08018 – Pitiquito II							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.005			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.23	286.01	0.15	20.524	0.778	286.075	0.491	23.134
0.243	286.017	0.216	20.891	0.808	286.077	0.497	23.197
0.256	286.021	0.236	21.017	0.838	286.079	0.503	23.259
0.269	286.025	0.254	21.138	0.868	286.08	0.509	23.321
0.282	286.028	0.271	21.254	0.898	286.082	0.515	23.381
0.295	286.031	0.287	21.365	0.928	286.083	0.52	23.442
0.308	286.034	0.301	21.472	0.958	286.085	0.526	23.501
0.321	286.037	0.315	21.575	0.988	286.087	0.531	23.56
0.334	286.04	0.328	21.675	1.018	286.088	0.537	23.618
0.347	286.042	0.34	21.772	1.048	286.09	0.542	23.676
0.349	286.045	0.352	21.866	1.079	286.091	0.548	23.733
0.352	286.047	0.363	21.958	1.109	286.093	0.553	23.79
0.386	286.05	0.397	22.245	1.139	286.094	0.558	23.846
0.416	286.052	0.405	22.319	1.169	286.095	0.563	23.902
0.446	286.055	0.413	22.392	1.199	286.097	0.568	23.957
0.477	286.057	0.421	22.464	1.229	286.098	0.573	24.012
0.507	286.059	0.429	22.535	1.259	286.1	0.577	24.066
0.537	286.061	0.436	22.605	1.289	286.101	0.582	24.12
0.567	286.063	0.444	22.674	1.319	286.102	0.587	24.173
0.597	286.065	0.451	22.742	1.349	286.104	0.591	24.226
0.627	286.066	0.458	22.81	1.38	286.105	0.596	24.279
0.657	286.068	0.465	22.876	1.41	286.106	0.6	24.331
0.687	286.07	0.471	22.942	1.44	286.108	0.605	24.382
0.717	286.072	0.478	23.007	1.47	286.109	0.609	24.433
0.747	286.073	0.484	23.071	1.5	286.11	0.613	24.484



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 08018 – Pitiquito II

► E.H. 08025 – Sonoita II

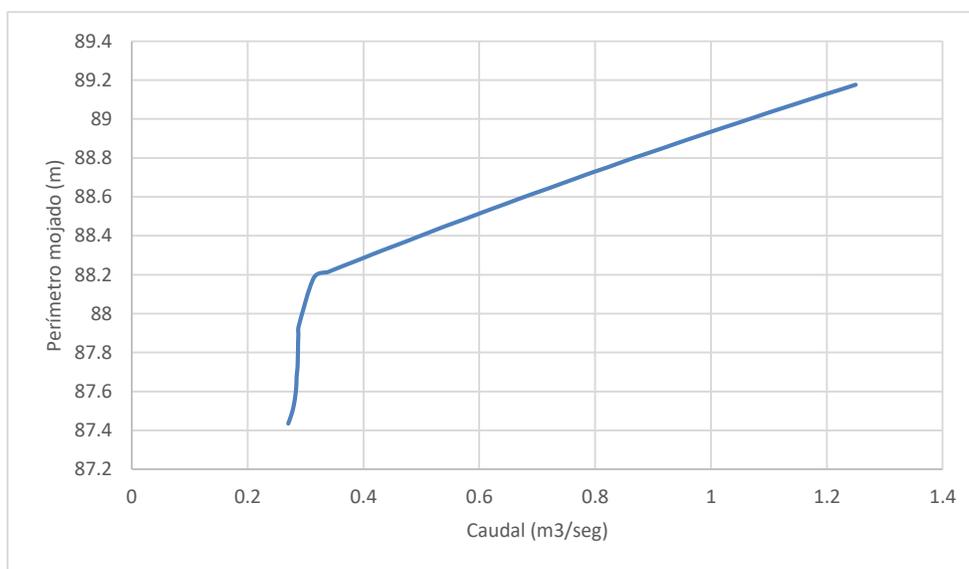
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 11014 - Acaponeta.							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.005			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.01	379.005	0.13	100.502	0.428	379.022	0.251	101.174
0.01	379.006	0.131	100.509	0.484	379.023	0.257	101.216
0.02	379.006	0.133	100.516	0.54	379.024	0.264	101.258
0.02	379.006	0.134	100.523	0.596	379.026	0.27	101.299
0.03	379.006	0.135	100.53	0.651	379.027	0.276	101.339
0.03	379.007	0.137	100.536	0.707	379.028	0.282	101.38
0.04	379.007	0.138	100.543	0.763	379.029	0.288	101.419
0.04	379.007	0.14	100.55	0.819	379.03	0.294	101.459
0.05	379.007	0.141	100.556	0.875	379.032	0.299	101.497
0.05	379.008	0.142	100.563	0.931	379.033	0.305	101.536
0.10	379.01	0.154	100.621	1.322	379.04	0.34	101.794
0.11	379.01	0.156	100.627	1.378	379.041	0.345	101.829
0.11	379.01	0.157	100.634	1.434	379.042	0.349	101.864
0.12	379.01	0.158	100.64	1.49	379.043	0.354	101.899
0.12	379.01	0.159	100.646	1.546	379.044	0.358	101.934
0.13	379.011	0.161	100.653	2.329	379.056	0.415	102.387
0.23	379.014	0.183	100.773	2.385	379.057	0.419	102.418
0.24	379.015	0.185	100.779	2.441	379.058	0.422	102.448
0.24	379.015	0.186	100.785	2.497	379.058	0.426	102.478
0.25	379.015	0.187	100.791	2.553	379.059	0.429	102.508
0.26	379.015	0.188	100.797	2.609	379.06	0.433	102.538
0.26	379.015	0.189	100.802	2.664	379.061	0.436	102.567
0.26	379.015	0.189	100.802	2.72	379.061	0.44	102.596
0.316	379.017	0.199	100.912	2.776	379.062	0.443	102.625
0.372	379.019	0.209	101.0192	2.832	379.063	0.446	102.654



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 08025 – Sonoita II

► E.H. 09063 – Punta de Agua

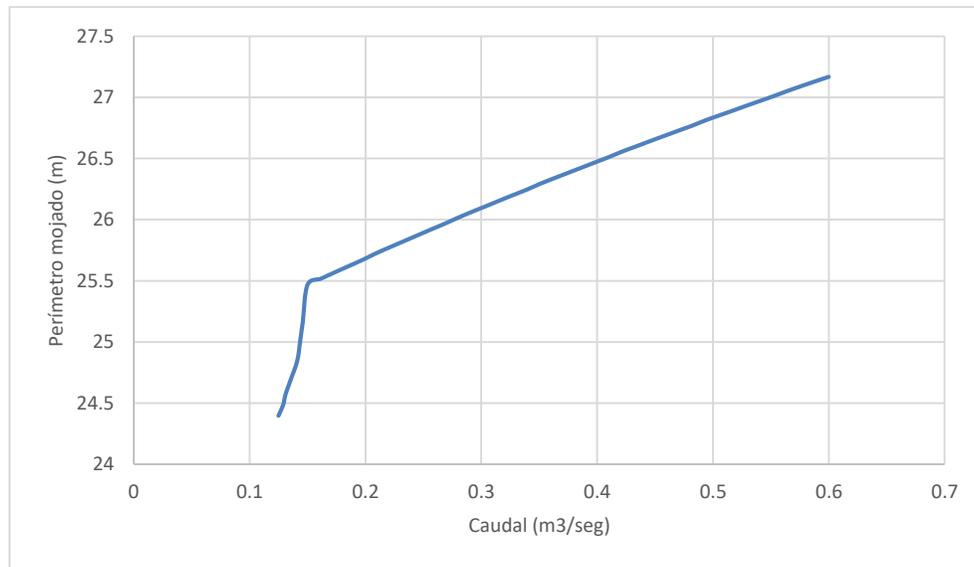
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 09063 – Punta de Agua							
Coeficiente de rugosidad de Manning (<i>n</i>)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.003			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.27	208.006	0.103	87.435	0.643	208.033	0.238	88.561
0.276	208.008	0.111	87.486	0.668	208.034	0.24	88.589
0.28	208.009	0.118	87.536	0.693	208.035	0.243	88.616
0.2825	208.011	0.125	87.585	0.719	208.035	0.246	88.643
0.284	208.012	0.131	87.632	0.744	208.036	0.248	88.67
0.2845	208.013	0.137	87.678	0.769	208.037	0.251	88.697
0.286	208.015	0.143	87.723	0.794	208.038	0.254	88.724
0.2864	208.016	0.149	87.767	0.82	208.038	0.256	88.75
0.2868	208.017	0.154	87.81	0.845	208.039	0.259	88.777
0.287	208.018	0.16	87.853	0.87	208.04	0.261	88.803
0.2875	208.019	0.165	87.894	0.896	208.04	0.264	88.829
0.288	208.02	0.17	87.935	0.921	208.041	0.266	88.854
0.314	208.023	0.198	88.183	0.946	208.042	0.269	88.88
0.339	208.023	0.201	88.214	0.972	208.042	0.271	88.906
0.364	208.024	0.205	88.244	0.997	208.043	0.273	88.931
0.39	208.025	0.208	88.274	1.022	208.043	0.276	88.956
0.415	208.026	0.211	88.304	1.048	208.044	0.278	88.981
0.44	208.027	0.214	88.333	1.073	208.045	0.28	89.006
0.466	208.028	0.217	88.362	1.098	208.045	0.282	89.031
0.491	208.029	0.22	88.391	1.123	208.046	0.285	89.055
0.516	208.029	0.223	88.42	1.149	208.047	0.287	89.08
0.541	208.03	0.226	88.449	1.174	208.047	0.289	89.104
0.567	208.031	0.229	88.477	1.199	208.048	0.291	89.128
0.592	208.032	0.232	88.505	1.225	208.048	0.293	89.152
0.617	208.032	0.235	88.533	1.25	208.049	0.296	89.176



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 09063 – Punta de Agua

► E.H. 09089 – Cocoraque

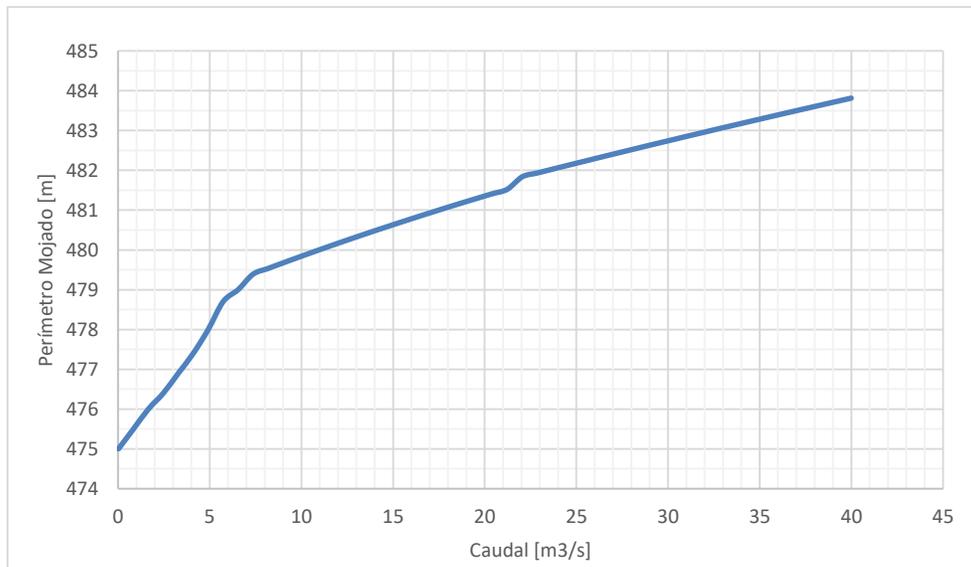
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 09089 - Cocoraque							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0023			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.125	97.011	0.119	24.398	0.316	97.05	0.262	26.158
0.129	97.014	0.128	24.485	0.328	97.052	0.265	26.204
0.131	97.016	0.136	24.569	0.34	97.053	0.268	26.249
0.134	97.018	0.144	24.651	0.351	97.054	0.271	26.295
0.137	97.02	0.152	24.73	0.363	97.055	0.273	26.34
0.14	97.022	0.159	24.807	0.375	97.056	0.276	26.384
0.142	97.024	0.165	24.883	0.387	97.057	0.279	26.428
0.143	97.026	0.172	24.956	0.399	97.058	0.282	26.472
0.144	97.028	0.178	25.027	0.411	97.059	0.285	26.516
0.145	97.029	0.184	25.097	0.422	97.06	0.287	26.559
0.146	97.031	0.189	25.165	0.434	97.061	0.29	26.601
0.15	97.033	0.213	25.467	0.446	97.062	0.293	26.644
0.162	97.035	0.217	25.52	0.458	97.063	0.295	26.686
0.174	97.036	0.221	25.572	0.47	97.064	0.298	26.728
0.186	97.037	0.224	25.623	0.482	97.065	0.3	26.769
0.198	97.039	0.228	25.674	0.493	97.065	0.303	26.811
0.209	97.04	0.232	25.725	0.505	97.066	0.305	26.852
0.221	97.041	0.235	25.775	0.517	97.067	0.308	26.892
0.233	97.042	0.239	25.824	0.529	97.068	0.31	26.933
0.245	97.044	0.242	25.873	0.541	97.069	0.313	26.973
0.257	97.045	0.246	25.922	0.553	97.07	0.315	27.013
0.269	97.046	0.249	25.97	0.564	97.071	0.317	27.052
0.28	97.047	0.252	26.017	0.576	97.072	0.32	27.092
0.292	97.048	0.255	26.065	0.588	97.073	0.322	27.131
0.304	97.049	0.258	26.111	0.6	97.073	0.324	27.169



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 09089 – Cocoraque

► E.H. 10018 – Puente Sudpacífico

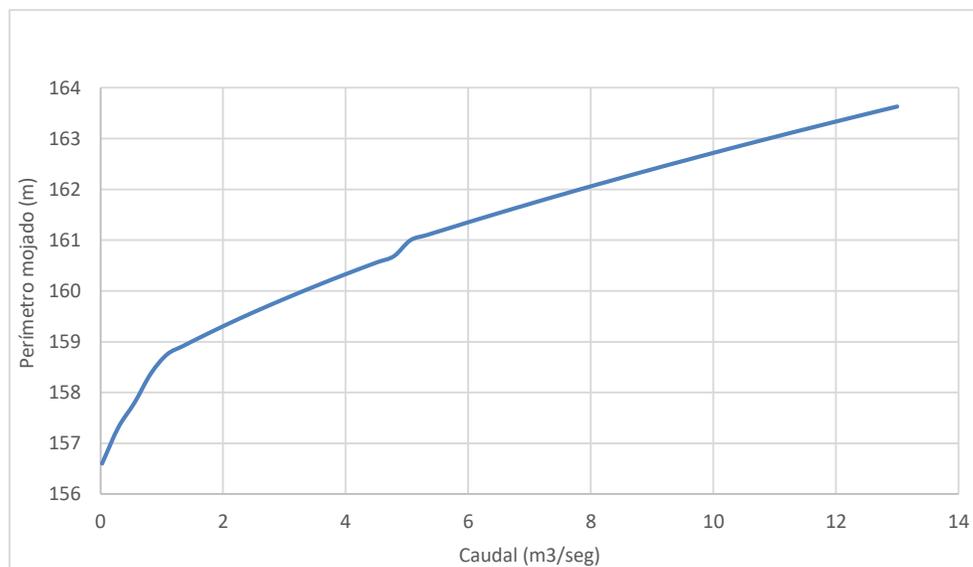
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10018 – Puente Sudpacífico							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0017			
Caudal [m³/s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m³/s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.035	38.005	0.074	475	20.425	38.112	0.383	481.411
0.851	38.017	0.114	475.5	21.241	38.114	0.389	481.523
1.666	38.026	0.156	476	22.057	38.118	0.405	481.837
2.482	38.032	0.174	476.4	22.872	38.12	0.41	481.932
3.297	38.038	0.191	476.9	23.688	38.123	0.414	482.026
4.113	38.043	0.206	477.4	24.503	38.125	0.419	482.12
4.929	38.048	0.22	478	25.319	38.127	0.424	482.213
5.744	38.052	0.233	478.7	26.135	38.13	0.428	482.306
6.56	38.057	0.244	479	26.95	38.132	0.433	482.399
7.376	38.061	0.268	479.389	27.766	38.135	0.437	482.49
8.191	38.065	0.277	479.532	28.581	38.137	0.442	482.582
9.007	38.069	0.286	479.672	29.397	38.139	0.446	482.673
9.822	38.072	0.294	479.809	30.213	38.142	0.45	482.763
10.638	38.076	0.302	479.944	31.028	38.144	0.455	482.853
11.454	38.079	0.31	480.077	31.844	38.146	0.459	482.942
12.269	38.082	0.317	480.208	32.659	38.148	0.463	483.032
13.085	38.086	0.325	480.336	33.475	38.15	0.467	483.12
13.9	38.089	0.332	480.463	34.291	38.153	0.471	483.208
14.716	38.092	0.339	480.587	35.106	38.155	0.476	483.296
15.532	38.095	0.346	480.71	35.922	38.157	0.48	483.383
16.347	38.098	0.352	480.831	36.738	38.159	0.484	483.47
17.163	38.101	0.359	480.95	37.553	38.161	0.488	483.556
17.978	38.104	0.365	481.068	38.369	38.163	0.492	483.642
18.794	38.106	0.371	481.184	39.184	38.165	0.495	483.728
19.61	38.109	0.377	481.298	40	38.167	0.499	483.813



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10018 – Puente Sudpacífico

► E.H. 10023 – Puente Nuevo

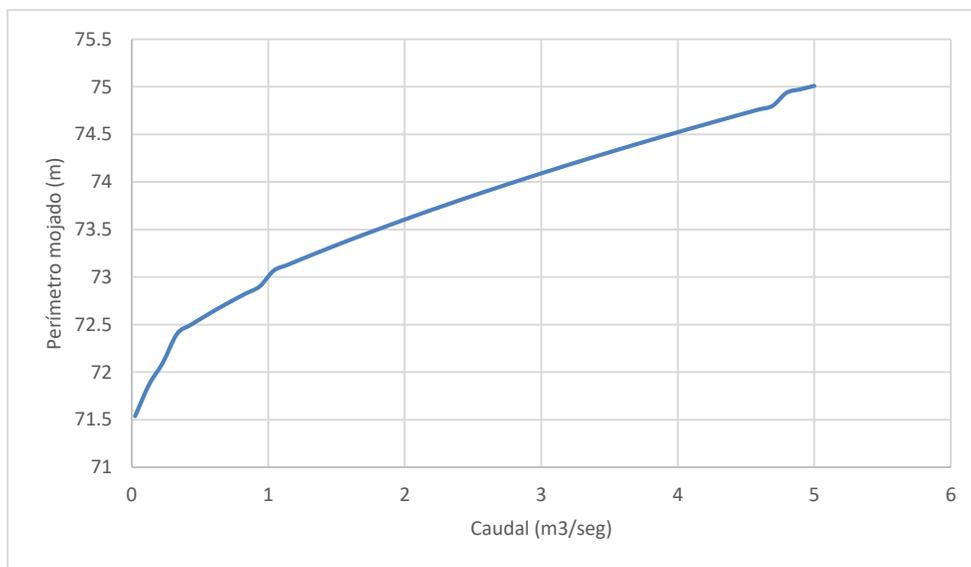
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10023 – Puente Nuevo.							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0017			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	29.005	0.063	156.6	6.645	29.111	0.385	161.586
0.29	29.017	0.122	157.31	6.91	29.114	0.39	161.68
0.555	29.025	0.147	157.8	7.174	29.116	0.396	161.774
0.819	29.032	0.168	158.369	7.439	29.119	0.401	161.866
1.084	29.038	0.199	158.748	7.704	29.121	0.406	161.958
1.349	29.043	0.213	158.916	7.969	29.124	0.411	162.049
1.614	29.048	0.225	159.078	8.234	29.126	0.416	162.138
1.879	29.052	0.236	159.234	8.498	29.128	0.42	162.227
2.143	29.056	0.247	159.385	8.763	29.131	0.425	162.316
2.408	29.06	0.257	159.531	9.028	29.133	0.43	162.403
2.673	29.064	0.267	159.672	9.293	29.135	0.434	162.49
2.938	29.068	0.277	159.81	9.558	29.138	0.439	162.575
3.203	29.072	0.286	159.944	9.822	29.14	0.443	162.661
3.467	29.075	0.294	160.075	10.087	29.142	0.448	162.745
3.732	29.078	0.302	160.203	10.352	29.144	0.452	162.829
3.997	29.082	0.31	160.328	10.617	29.147	0.456	162.912
4.262	29.085	0.318	160.45	10.882	29.149	0.46	162.994
4.527	29.088	0.325	160.569	11.146	29.151	0.465	163.076
4.791	29.091	0.332	160.686	11.411	29.153	0.469	163.157
5.056	29.094	0.351	160.997	11.676	29.155	0.473	163.237
5.321	29.097	0.357	161.098	11.941	29.157	0.477	163.317
5.586	29.1	0.363	161.197	12.206	29.159	0.481	163.396
5.851	29.103	0.369	161.296	12.47	29.161	0.485	163.475
6.115	29.106	0.374	161.394	12.735	29.163	0.488	163.553
6.38	29.108	0.38	161.49	13	29.165	0.492	163.63



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10023 – Puente Nuevo

► E.H. 10031 – Guamúchil

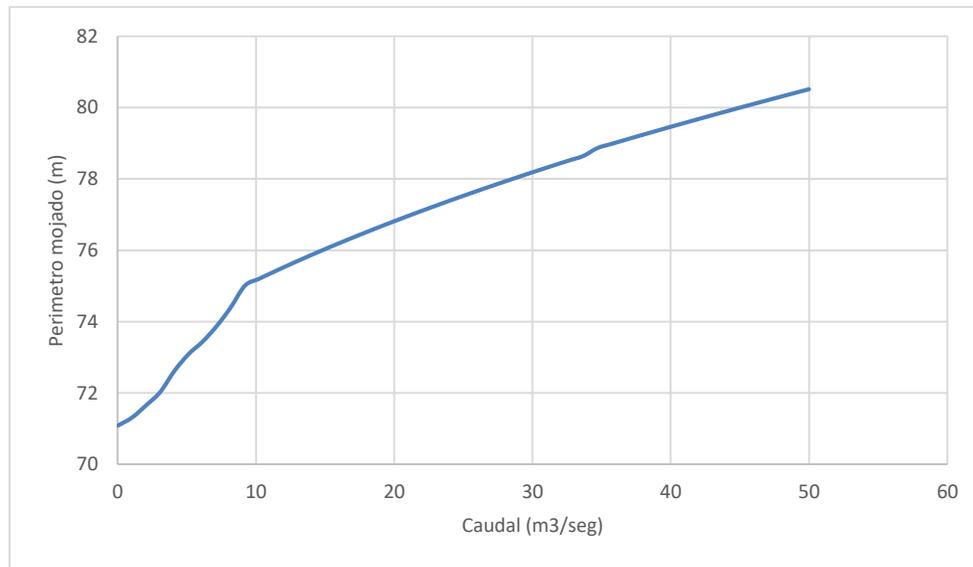
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10031 - Guamúchil							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0013			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	57.008	0.073	71.539	2.563	57.109	0.327	73.885
0.127	57.018	0.104	71.87	2.665	57.111	0.332	73.933
0.228	57.026	0.138	72.1	2.766	57.114	0.337	73.981
0.332	57.032	0.153	72.403	2.868	57.116	0.341	74.028
0.431	57.037	0.167	72.496	2.969	57.118	0.346	74.075
0.533	57.042	0.179	72.585	3.071	57.121	0.35	74.121
0.634	57.047	0.19	72.67	3.172	57.123	0.355	74.167
0.736	57.051	0.201	72.751	3.274	57.126	0.359	74.212
0.837	57.056	0.211	72.828	3.376	57.128	0.363	74.257
0.939	57.059	0.22	72.903	3.477	57.13	0.367	74.301
1.04	57.064	0.24	73.067	3.579	57.132	0.371	74.345
1.142	57.067	0.247	73.128	3.68	57.135	0.375	74.388
1.243	57.071	0.254	73.188	3.782	57.137	0.379	74.431
1.345	57.074	0.26	73.247	3.883	57.139	0.383	74.473
1.446	57.077	0.267	73.305	3.985	57.141	0.387	74.515
1.548	57.08	0.273	73.362	4.086	57.143	0.391	74.557
1.649	57.083	0.279	73.418	4.188	57.145	0.394	74.598
1.751	57.086	0.285	73.473	4.289	57.148	0.398	74.639
1.853	57.089	0.291	73.527	4.391	57.15	0.402	74.68
1.954	57.092	0.296	73.58	4.492	57.152	0.405	74.72
2.056	57.095	0.302	73.633	4.594	57.154	0.409	74.76
2.157	57.098	0.307	73.685	4.695	57.156	0.412	74.799
2.259	57.101	0.312	73.736	4.797	57.158	0.424	74.936
2.36	57.103	0.318	73.786	4.898	57.16	0.427	74.972
2.462	57.106	0.323	73.836	5	57.162	0.43	75.008



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10031 – Guamúchil

► E.H. 10040 – Santa Cruz

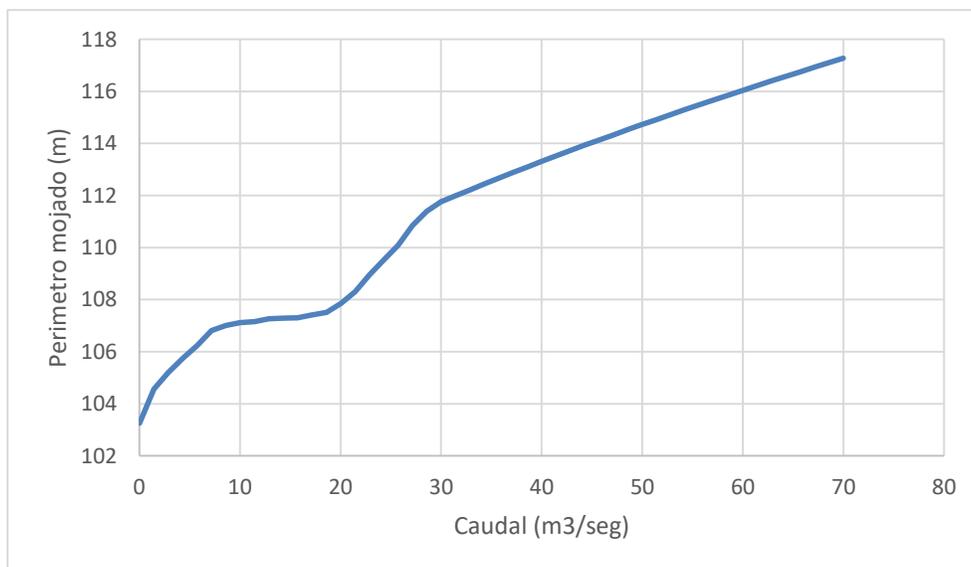
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10040 – Santa Cruz							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0044			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	57.007	0.125	71.09	10.224	57.172	0.821	77.597
1.045	57.044	0.337	71.315	11.244	57.182	0.85	77.735
2.065	57.067	0.452	71.66	12.264	57.192	0.877	77.87
3.085	57.084	0.516	72.033	13.284	57.201	0.903	78.003
4.105	57.1	0.572	72.622	14.304	57.211	0.928	78.135
5.124	57.114	0.621	73.09	15.323	57.219	0.952	78.265
6.144	57.127	0.666	73.441	16.343	57.228	0.975	78.393
7.164	57.139	0.706	73.878	17.363	57.236	0.997	78.519
8.184	57.151	0.743	74.402	18.383	57.244	1.019	78.644
9.204	57.162	0.792	75.009	19.403	57.252	1.039	78.865
10.224	57.172	0.821	75.201	20.423	57.26	1.06	78.982
11.244	57.182	0.85	75.387	21.443	57.268	1.079	79.097
12.264	57.192	0.877	75.569	22.463	57.275	1.098	79.212
13.284	57.201	0.903	75.746	23.483	57.283	1.117	79.325
14.304	57.211	0.928	75.918	24.503	57.29	1.135	79.438
15.323	57.219	0.952	76.087	25.522	57.297	1.153	79.549
16.343	57.228	0.975	76.251	26.542	57.304	1.17	79.66
17.363	57.236	0.997	76.412	27.562	57.311	1.186	79.769
18.383	57.244	1.019	76.57	28.582	57.318	1.203	79.878
19.403	57.252	1.039	76.725	29.602	57.325	1.219	79.986
20.423	57.26	1.06	76.877	30.622	57.331	1.235	80.093
21.443	57.268	1.079	77.026	31.642	57.338	1.25	80.199
22.463	57.275	1.098	77.172	32.662	57.344	1.265	80.304
23.483	57.283	1.117	77.316	33.682	57.35	1.28	80.409
24.503	57.29	1.135	77.458	34.702	57.357	1.306	80.513



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10040 – Santa Cruz

► E.H. 10065 – Ixpalino

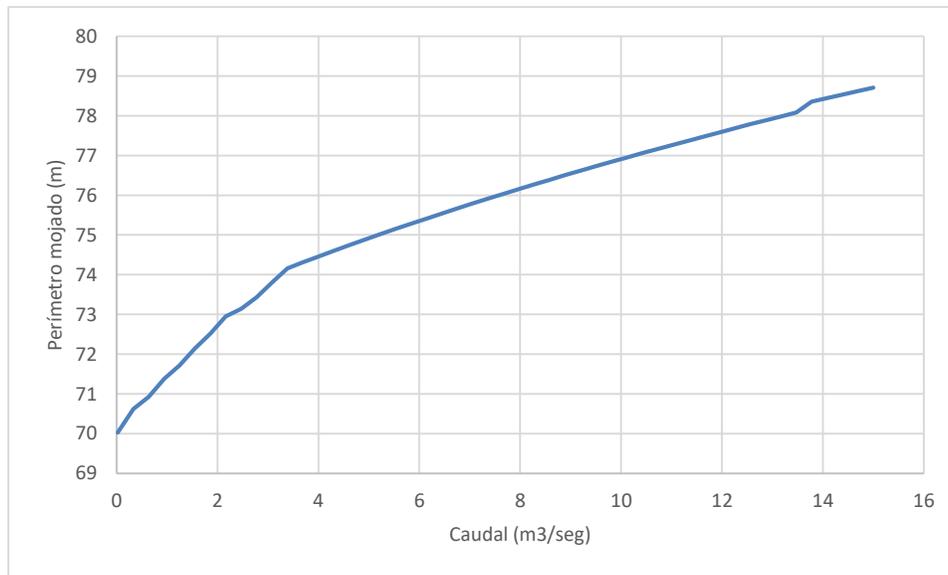
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10065 - Ixpalino							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.005			
Caudal [m³/s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m³/s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	52.006	0.081	103.26	35.727	52.37	0.901	112.664
1.453	52.055	0.273	104.56	37.155	52.379	0.914	112.881
2.881	52.082	0.342	105.195	38.583	52.387	0.927	113.096
4.309	52.105	0.397	105.745	40.011	52.396	0.939	113.309
5.737	52.124	0.442	106.238	41.439	52.404	0.951	113.518
7.165	52.142	0.493	106.813	42.867	52.412	0.963	113.725
8.593	52.158	0.525	107.01	44.295	52.42	0.975	113.93
10.021	52.174	0.555	107.12	45.723	52.428	0.986	114.132
11.449	52.188	0.583	107.16	47.151	52.436	0.997	114.332
12.878	52.202	0.609	107.266	48.579	52.444	1.008	114.53
14.306	52.215	0.633	107.294	50.007	52.452	1.019	114.725
15.734	52.227	0.656	107.3	51.435	52.459	1.03	114.918
17.162	52.239	0.678	107.417	52.863	52.467	1.04	115.11
18.59	52.251	0.699	107.514	54.291	52.474	1.051	115.299
20.018	52.262	0.719	107.85	55.719	52.482	1.061	115.487
21.446	52.273	0.738	108.3	57.147	52.489	1.071	115.673
22.874	52.284	0.756	108.957	58.576	52.496	1.081	115.856
24.302	52.294	0.774	109.525	60.004	52.503	1.09	116.039
25.73	52.304	0.791	110.086	61.432	52.51	1.1	116.219
27.158	52.314	0.807	110.842	62.86	52.517	1.109	116.398
28.586	52.324	0.823	111.392	64.288	52.524	1.118	116.575
30.014	52.334	0.846	111.761	65.716	52.531	1.127	116.751
31.442	52.343	0.86	111.992	67.144	52.538	1.136	116.925
32.87	52.352	0.874	112.219	68.572	52.545	1.145	117.098
34.298	52.361	0.888	112.443	70	52.551	1.154	117.269



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10065 – Ixpalino

► E.H. 10070 – Acatitán

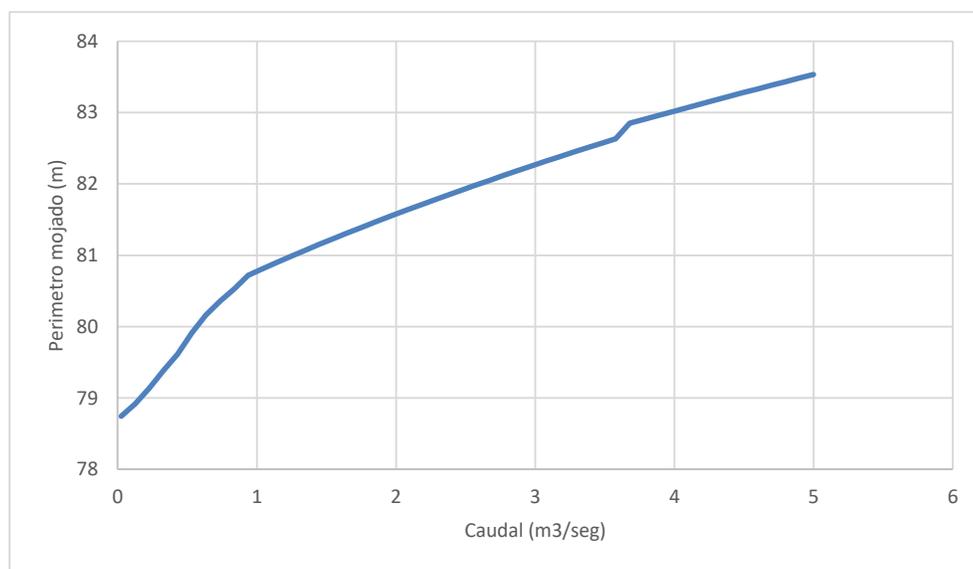
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10070 - Acatitán							
Coeficiente de rugosidad de Manning (<i>n</i>)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0042			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	73.006	0.102	70.03	7.665	73.148	0.712	76.033
0.331	73.023	0.218	70.621	7.971	73.151	0.722	76.152
0.636	73.034	0.296	70.929	8.277	73.155	0.732	76.27
0.942	73.043	0.33	71.381	8.582	73.158	0.742	76.386
1.247	73.05	0.361	71.717	8.888	73.161	0.752	76.501
1.553	73.057	0.389	72.14	9.193	73.165	0.761	76.614
1.859	73.063	0.414	72.52	9.499	73.168	0.77	76.726
2.164	73.069	0.438	72.953	9.805	73.171	0.78	76.837
2.47	73.075	0.46	73.146	10.11	73.174	0.789	76.946
2.776	73.081	0.48	73.432	10.416	73.177	0.797	77.055
3.081	73.086	0.499	73.811	10.721	73.18	0.806	77.162
3.387	73.091	0.536	74.159	11.027	73.183	0.815	77.268
3.692	73.096	0.551	74.309	11.333	73.186	0.823	77.372
3.998	73.1	0.566	74.455	11.638	73.189	0.831	77.476
4.304	73.105	0.58	74.599	11.944	73.192	0.839	77.579
4.609	73.109	0.594	74.741	12.249	73.195	0.847	77.681
4.915	73.113	0.607	74.879	12.555	73.198	0.855	77.782
5.22	73.118	0.62	75.016	12.861	73.201	0.863	77.881
5.526	73.122	0.632	75.15	13.166	73.204	0.87	77.98
5.832	73.126	0.645	75.282	13.472	73.206	0.878	78.079
6.137	73.129	0.657	75.412	13.778	73.21	0.898	78.35
6.443	73.133	0.668	75.54	14.083	73.212	0.905	78.44
6.748	73.137	0.679	75.666	14.389	73.215	0.912	78.529
7.054	73.141	0.69	75.79	14.694	73.218	0.918	78.618
7.36	73.144	0.701	75.913	15	73.22	0.925	78.706



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10070 – Acatitán

► E.H. 10083 – El Quelite

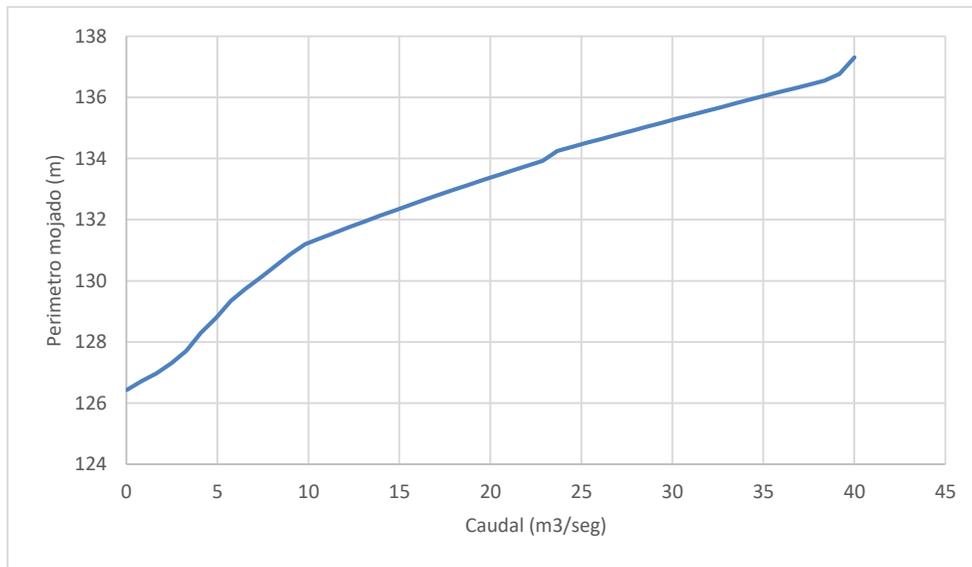
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10083 – El Quelite							
Coeficiente de rugosidad de Manning (<i>n</i>)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0016			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	19.007	0.074	78.743	2.563	19.096	0.334	81.977
0.127	19.017	0.123	78.917	2.665	19.098	0.338	82.046
0.228	19.023	0.141	79.139	2.766	19.101	0.343	82.114
0.33	19.028	0.156	79.388	2.868	19.103	0.348	82.182
0.431	19.033	0.17	79.614	2.969	19.105	0.353	82.248
0.533	19.038	0.183	79.914	3.071	19.107	0.357	82.314
0.634	19.042	0.194	80.16	3.172	19.109	0.361	82.379
0.736	19.046	0.205	80.356	3.274	19.111	0.366	82.443
0.837	19.05	0.228	80.529	3.376	19.113	0.37	82.507
0.939	19.053	0.236	80.72	3.477	19.115	0.374	82.569
1.04	19.056	0.244	80.81	3.579	19.117	0.378	82.632
1.142	19.06	0.251	80.897	3.68	19.12	0.393	82.851
1.243	19.063	0.258	80.983	3.782	19.122	0.396	82.905
1.345	19.066	0.265	81.067	3.883	19.123	0.4	82.959
1.446	19.068	0.271	81.15	3.985	19.125	0.403	83.013
1.548	19.071	0.278	81.231	4.086	19.127	0.407	83.066
1.649	19.074	0.284	81.311	4.188	19.129	0.41	83.12
1.751	19.077	0.29	81.39	4.289	19.131	0.413	83.172
1.853	19.079	0.296	81.467	4.391	19.133	0.417	83.225
1.954	19.082	0.302	81.543	4.492	19.135	0.42	83.277
2.056	19.084	0.307	81.618	4.594	19.136	0.423	83.329
2.157	19.087	0.313	81.692	4.695	19.138	0.426	83.381
2.259	19.089	0.318	81.765	4.797	19.14	0.43	83.432
2.36	19.092	0.323	81.836	4.898	19.142	0.433	83.483
2.462	19.094	0.329	81.907	5	19.143	0.436	83.534



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10083 – El Quelite

► E.H. 10085 – San Miguel Z

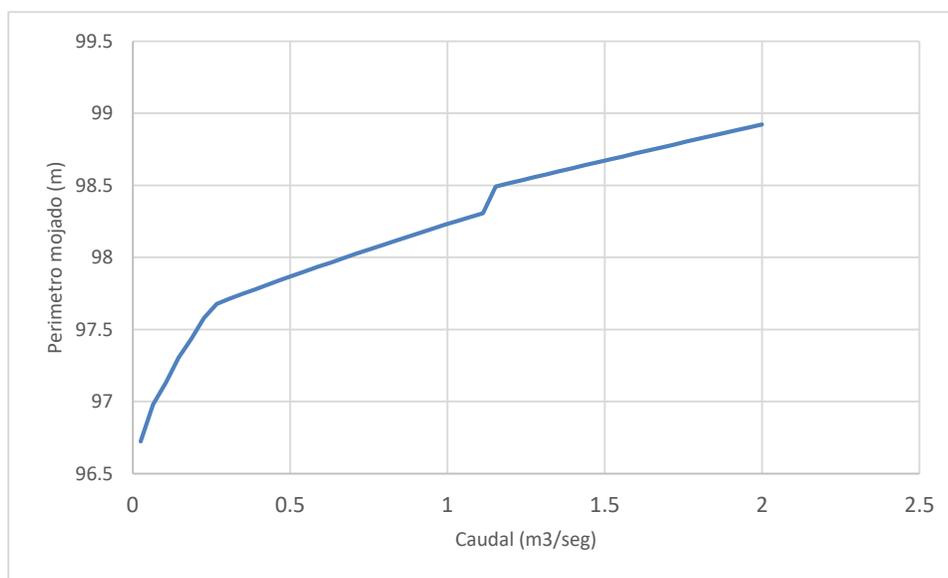
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10085 – San Miguel Z							
Coeficiente de rugosidad de Manning (<i>n</i>)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0042			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	10.005	0.108	126.432	20.42	10.188	0.838	133.458
0.841	10.028	0.251	126.721	21.236	10.192	0.851	133.615
1.657	10.042	0.316	126.973	22.052	10.197	0.863	133.77
2.472	10.054	0.384	127.304	22.868	10.201	0.875	133.923
3.288	10.063	0.421	127.715	23.684	10.206	0.9	134.246
4.104	10.072	0.454	128.308	24.499	10.21	0.91	134.38
4.92	10.08	0.485	128.786	25.315	10.214	0.92	134.513
5.736	10.088	0.513	129.351	26.131	10.218	0.93	134.645
6.552	10.095	0.539	129.74	26.947	10.222	0.94	134.776
7.367	10.102	0.564	130.108	27.763	10.226	0.949	134.907
8.183	10.109	0.587	130.482	28.579	10.23	0.959	135.037
8.999	10.115	0.608	130.869	29.394	10.234	0.968	135.166
9.815	10.122	0.645	131.195	30.21	10.237	0.978	135.295
10.631	10.127	0.662	131.386	31.026	10.241	0.987	135.423
11.446	10.133	0.679	131.574	31.842	10.245	0.996	135.551
12.262	10.139	0.696	131.759	32.658	10.249	1.005	135.677
13.078	10.144	0.712	131.941	33.473	10.252	1.014	135.804
13.894	10.149	0.727	132.12	34.289	10.256	1.023	135.929
14.71	10.155	0.742	132.296	35.105	10.26	1.032	136.054
15.526	10.16	0.757	132.469	35.921	10.263	1.041	136.178
16.341	10.165	0.771	132.64	36.737	10.267	1.05	136.302
17.157	10.169	0.785	132.808	37.553	10.27	1.058	136.425
17.973	10.174	0.799	132.974	38.368	10.274	1.067	136.547
18.789	10.179	0.812	133.138	39.184	10.289	1.116	136.77
19.605	10.183	0.825	133.299	40	10.291	1.118	137.302



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10085 – San Miguel Z

► E.H. 10086 – Pericos

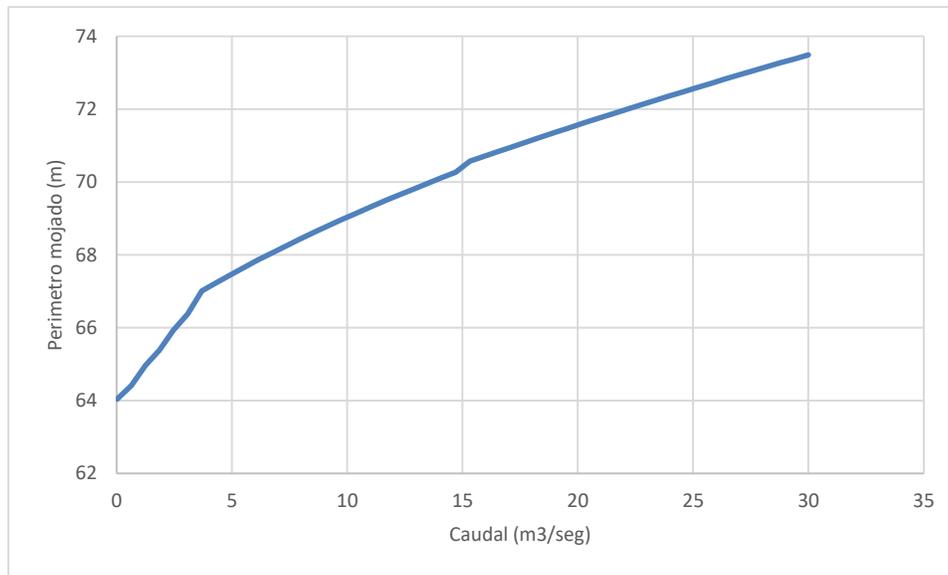
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10086 - Pericos							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0032			
Caudal [m³/s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m³/s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	54.006	0.102	96.723	1.033	54.04	0.27	98.253
0.065	54.009	0.114	96.979	1.073	54.041	0.273	98.28
0.106	54.011	0.125	97.133	1.113	54.042	0.277	98.307
0.146	54.013	0.135	97.304	1.154	54.044	0.301	98.492
0.186	54.015	0.144	97.433	1.194	54.045	0.303	98.513
0.227	54.016	0.152	97.58	1.234	54.046	0.306	98.534
0.267	54.019	0.186	97.678	1.274	54.046	0.308	98.555
0.307	54.02	0.191	97.712	1.315	54.047	0.311	98.576
0.347	54.022	0.197	97.745	1.355	54.048	0.314	98.597
0.388	54.023	0.202	97.777	1.395	54.049	0.316	98.618
0.428	54.024	0.207	97.81	1.436	54.05	0.319	98.639
0.468	54.025	0.211	97.842	1.476	54.05	0.321	98.659
0.509	54.027	0.216	97.873	1.516	54.051	0.324	98.68
0.549	54.028	0.221	97.904	1.557	54.052	0.326	98.7
0.589	54.029	0.225	97.935	1.597	54.053	0.329	98.721
0.63	54.03	0.23	97.965	1.637	54.053	0.331	98.741
0.67	54.031	0.234	97.995	1.678	54.054	0.334	98.762
0.71	54.032	0.238	98.025	1.718	54.055	0.336	98.782
0.751	54.033	0.242	98.055	1.758	54.056	0.338	98.802
0.791	54.034	0.247	98.084	1.798	54.056	0.341	98.822
0.831	54.035	0.251	98.113	1.839	54.057	0.343	98.842
0.871	54.036	0.255	98.141	1.879	54.058	0.345	98.862
0.912	54.037	0.258	98.17	1.919	54.058	0.348	98.882
0.952	54.038	0.262	98.198	1.96	54.059	0.35	98.902
0.992	54.039	0.266	98.226	2	54.06	0.352	98.922



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10086 – Pericos

► E.H. 10120– Guasave Puente Carretera

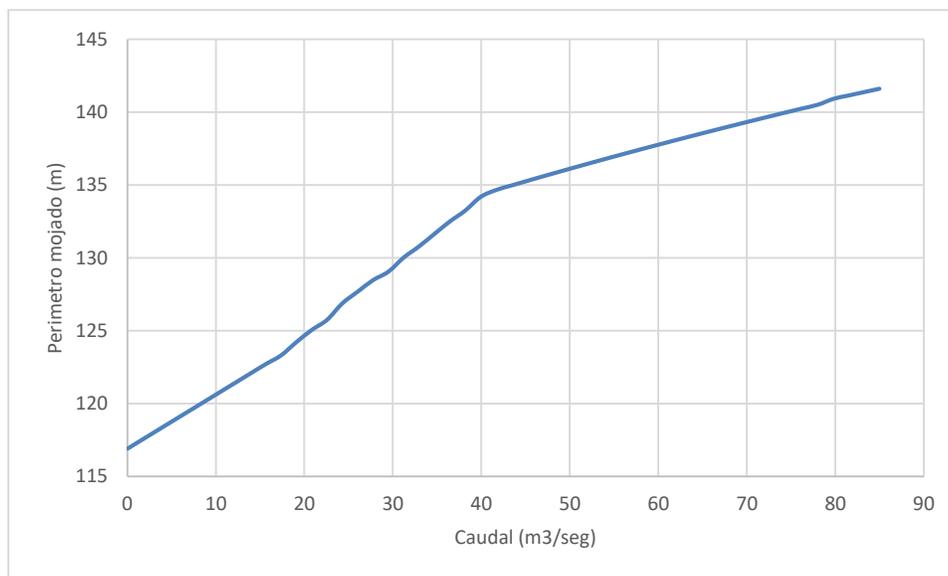
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 10120 – Guasave Puente Carretera							
Coeficiente de rugosidad de Manning (<i>n</i>)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.008			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	9.007	0.191	64.038	15.318	9.195	1.186	70.568
0.637	9.029	0.346	64.413	15.93	9.2	1.202	70.702
1.248	9.044	0.462	64.965	16.542	9.204	1.217	70.835
1.86	9.056	0.527	65.385	17.154	9.209	1.232	70.967
2.472	9.066	0.584	65.93	17.765	9.213	1.247	71.098
3.084	9.075	0.633	66.378	18.377	9.217	1.262	71.227
3.695	9.084	0.703	67.004	18.989	9.222	1.277	71.355
4.307	9.092	0.739	67.228	19.601	9.226	1.291	71.483
4.919	9.099	0.772	67.446	20.212	9.23	1.305	71.609
5.531	9.107	0.804	67.656	20.824	9.234	1.319	71.733
6.142	9.113	0.834	67.86	21.436	9.238	1.332	71.857
6.754	9.12	0.863	68.059	22.047	9.242	1.346	71.98
7.366	9.126	0.89	68.252	22.659	9.246	1.359	72.102
7.978	9.132	0.916	68.441	23.271	9.25	1.372	72.222
8.589	9.138	0.941	68.625	23.883	9.254	1.384	72.342
9.201	9.144	0.966	68.805	24.494	9.258	1.397	72.461
9.813	9.15	0.989	68.98	25.106	9.261	1.41	72.579
10.424	9.155	1.011	69.152	25.718	9.265	1.422	72.696
11.036	9.161	1.033	69.321	26.33	9.269	1.434	72.812
11.648	9.166	1.054	69.486	26.941	9.273	1.446	72.927
12.26	9.171	1.074	69.648	27.553	9.276	1.458	73.041
12.871	9.176	1.094	69.807	28.165	9.28	1.469	73.154
13.483	9.181	1.113	69.963	28.777	9.283	1.481	73.267
14.095	9.186	1.132	70.117	29.388	9.287	1.492	73.378
14.707	9.19	1.15	70.268	30	9.29	1.503	73.489



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 10120 – Guasave Puente Carretera

► E.H. 11012 – San Pedro

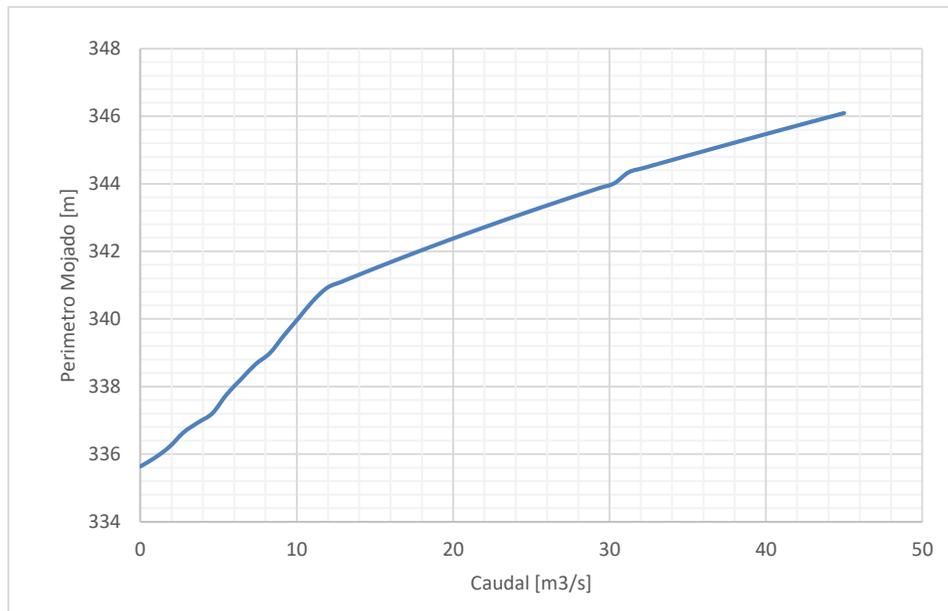
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 11012 – San Pedro							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.005			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	10.008	0.072	116.912	43.38	10.45	0.757	134.966
1.759	10.067	0.219	117.556	45.114	10.461	0.768	135.272
3.493	10.101	0.291	118.2	46.848	10.471	0.778	135.576
5.228	10.128	0.336	118.844	48.582	10.482	0.789	135.875
6.962	10.151	0.374	119.488	50.316	10.492	0.799	136.171
8.696	10.173	0.407	120.132	52.051	10.502	0.808	136.464
10.43	10.193	0.437	120.776	53.785	10.511	0.818	136.754
12.164	10.212	0.47	121.42	55.519	10.521	0.827	137.041
13.898	10.229	0.493	122.064	57.253	10.531	0.837	137.324
15.633	10.246	0.514	122.708	58.987	10.54	0.846	137.605
17.367	10.261	0.534	123.31	60.721	10.549	0.855	137.883
19.101	10.277	0.553	124.219	62.456	10.559	0.864	138.157
20.835	10.291	0.572	125.053	64.19	10.568	0.872	138.43
22.569	10.306	0.589	125.75	65.924	10.577	0.881	138.699
24.304	10.319	0.605	126.885	67.658	10.586	0.889	138.966
26.038	10.333	0.621	127.685	69.392	10.594	0.897	139.231
27.772	10.346	0.637	128.475	71.127	10.603	0.906	139.493
29.506	10.358	0.651	129.056	72.861	10.612	0.914	139.752
31.24	10.371	0.665	130.028	74.595	10.62	0.921	140.009
32.974	10.383	0.679	130.792	76.329	10.629	0.929	140.264
34.709	10.395	0.692	131.649	78.063	10.637	0.937	140.517
36.443	10.406	0.705	132.499	79.797	10.646	0.949	140.916
38.177	10.417	0.718	133.243	81.532	10.654	0.956	141.149
39.911	10.429	0.73	134.18	83.266	10.662	0.963	141.38
41.645	10.44	0.746	134.655	85	10.67	0.969	141.611



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 11012 – San Pedro

► E.H. 11014 – Acaponeta

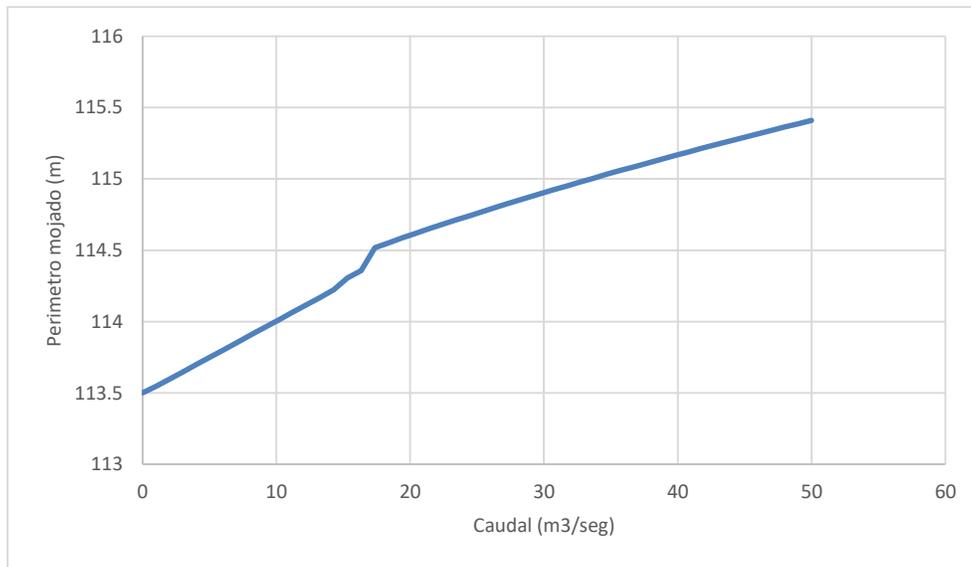
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 11014 - Acaponeta.							
Coeficiente de rugosidad de Manning (<i>n</i>)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0012			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	19.005	0.055	335.636	22.971	19.164	0.415	342.872
0.943	19.025	0.124	335.89	23.889	19.168	0.421	343.021
1.861	19.036	0.155	336.211	24.807	19.172	0.427	343.168
2.779	19.047	0.19	336.643	25.725	19.176	0.433	343.313
3.696	19.055	0.208	336.932	26.643	19.179	0.439	343.456
4.614	19.063	0.224	337.206	27.561	19.183	0.444	343.598
5.532	19.07	0.239	337.767	28.479	19.187	0.45	343.739
6.45	19.077	0.252	338.216	29.396	19.19	0.456	343.878
7.368	19.083	0.265	338.655	30.314	19.194	0.461	344.015
8.286	19.089	0.277	338.986	31.232	19.198	0.474	344.341
9.204	19.095	0.288	339.518	32.15	19.201	0.479	344.462
10.121	19.1	0.299	340.022	33.068	19.204	0.483	344.582
11.039	19.106	0.309	340.53	33.986	19.208	0.488	344.701
11.957	19.111	0.328	340.922	34.904	19.211	0.492	344.82
12.875	19.116	0.336	341.098	35.821	19.214	0.497	344.938
13.793	19.121	0.344	341.271	36.739	19.217	0.501	345.056
14.711	19.126	0.352	341.442	37.657	19.221	0.506	345.173
15.629	19.13	0.36	341.61	38.575	19.224	0.51	345.29
16.546	19.135	0.367	341.775	39.493	19.227	0.514	345.406
17.464	19.139	0.375	341.939	40.411	19.23	0.519	345.522
18.382	19.144	0.382	342.099	41.329	19.233	0.523	345.637
19.3	19.148	0.388	342.258	42.246	19.236	0.527	345.751
20.218	19.152	0.395	342.415	43.164	19.239	0.531	345.865
21.136	19.156	0.402	342.569	44.082	19.242	0.536	345.979
22.054	19.16	0.408	342.721	45	19.245	0.54	346.091



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 11014 – Acaponeta

► E.H. 11016 – Baluarte II

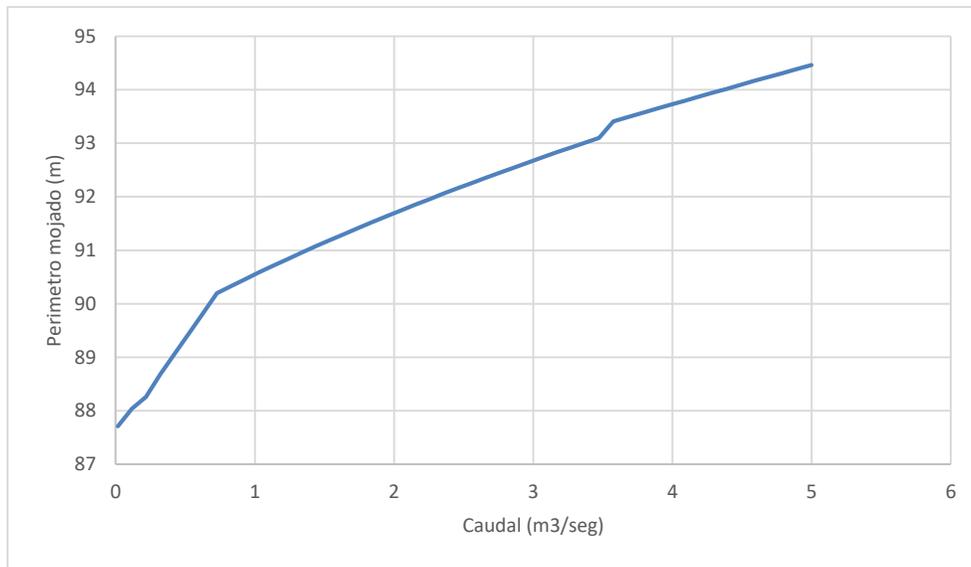
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 11016 – Baluarte II							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0015			
Caudal [m³/s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m³/s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	5.006	0.063	113.502	25.522	5.314	0.716	114.775
1.045	5.047	0.21	113.547	26.542	5.322	0.727	114.805
2.065	5.07	0.265	113.599	27.562	5.329	0.737	114.834
3.085	5.088	0.309	113.651	28.582	5.336	0.748	114.864
4.105	5.105	0.355	113.703	29.602	5.343	0.758	114.892
5.124	5.12	0.384	113.755	30.622	5.35	0.768	114.921
6.144	5.134	0.41	113.807	31.642	5.357	0.778	114.949
7.164	5.147	0.434	113.859	32.662	5.364	0.788	114.977
8.184	5.159	0.456	113.911	33.682	5.371	0.797	115.005
9.204	5.17	0.477	113.963	34.702	5.378	0.806	115.032
10.224	5.181	0.497	114.015	35.721	5.384	0.816	115.059
11.244	5.192	0.516	114.067	36.741	5.391	0.825	115.085
12.264	5.202	0.534	114.119	37.761	5.397	0.834	115.112
13.284	5.212	0.55	114.171	38.781	5.404	0.842	115.138
14.304	5.222	0.567	114.223	39.801	5.41	0.851	115.164
15.323	5.231	0.582	114.307	40.821	5.416	0.859	115.189
16.343	5.241	0.605	114.357	41.841	5.422	0.868	115.215
17.363	5.249	0.619	114.519	42.861	5.429	0.876	115.24
18.383	5.258	0.632	114.552	43.881	5.435	0.884	115.265
19.403	5.267	0.645	114.586	44.901	5.441	0.892	115.29
20.423	5.275	0.658	114.618	45.92	5.447	0.9	115.314
21.443	5.283	0.67	114.651	46.94	5.453	0.908	115.338
22.463	5.291	0.682	114.682	47.96	5.458	0.916	115.362
23.483	5.299	0.693	114.714	48.98	5.464	0.923	115.386
24.503	5.306	0.705	114.744	50	5.47	0.931	115.41



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 11016 – Baluarte II

► E.H. 11030 – El Bejuco

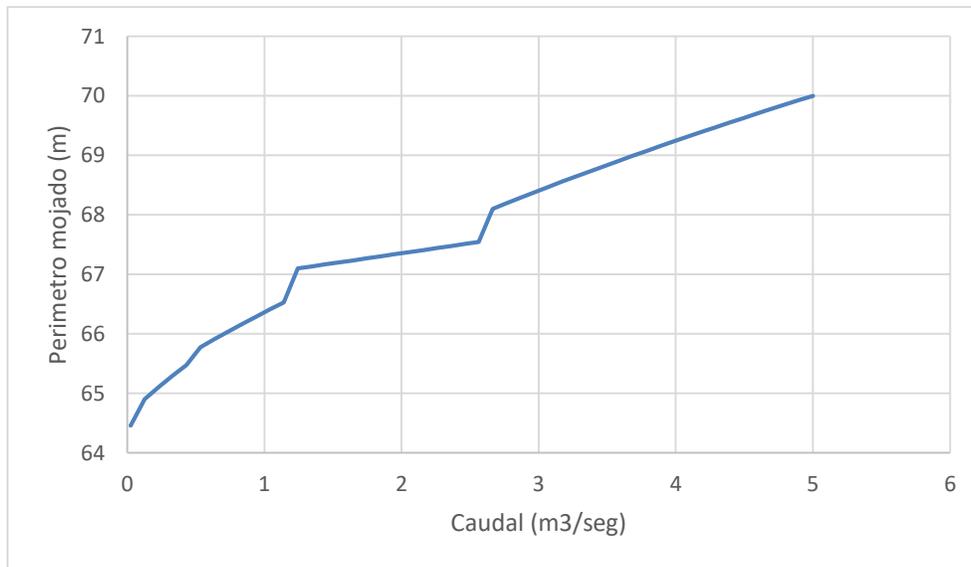
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 11030 – El Bejuco							
Coeficiente de rugosidad de Manning (<i>n</i>)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0012			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.015	10.006	0.061	87.712	2.558	10.098	0.291	92.257
0.117	10.017	0.106	88.041	2.66	10.1	0.296	92.355
0.218	10.023	0.122	88.26	2.762	10.103	0.3	92.452
0.32	10.029	0.135	88.684	2.864	10.105	0.304	92.548
0.422	10.033	0.148	89.057	2.965	10.107	0.308	92.643
0.524	10.038	0.159	89.438	3.067	10.109	0.312	92.736
0.625	10.042	0.169	89.811	3.169	10.111	0.316	92.829
0.727	10.047	0.191	90.196	3.271	10.113	0.32	92.92
0.829	10.051	0.199	90.329	3.372	10.116	0.323	93.011
0.931	10.054	0.206	90.46	3.474	10.118	0.327	93.1
1.032	10.057	0.212	90.588	3.576	10.12	0.339	93.406
1.134	10.061	0.219	90.713	3.677	10.122	0.343	93.484
1.236	10.064	0.225	90.836	3.779	10.124	0.346	93.562
1.338	10.067	0.231	90.957	3.881	10.126	0.349	93.639
1.439	10.07	0.237	91.075	3.983	10.128	0.352	93.716
1.541	10.073	0.243	91.191	4.084	10.13	0.355	93.792
1.643	10.075	0.248	91.306	4.186	10.132	0.358	93.868
1.744	10.078	0.253	91.418	4.288	10.134	0.361	93.943
1.846	10.081	0.259	91.528	4.39	10.135	0.363	94.018
1.948	10.083	0.264	91.637	4.491	10.137	0.366	94.093
2.05	10.086	0.269	91.744	4.593	10.139	0.369	94.167
2.151	10.088	0.273	91.85	4.695	10.141	0.372	94.241
2.253	10.091	0.278	91.953	4.797	10.143	0.375	94.314
2.355	10.093	0.283	92.056	4.898	10.144	0.377	94.387
2.457	10.096	0.287	92.157	5	10.146	0.38	94.459



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 11030 – El Bejuco

► E.H. 11035 – La Ballona

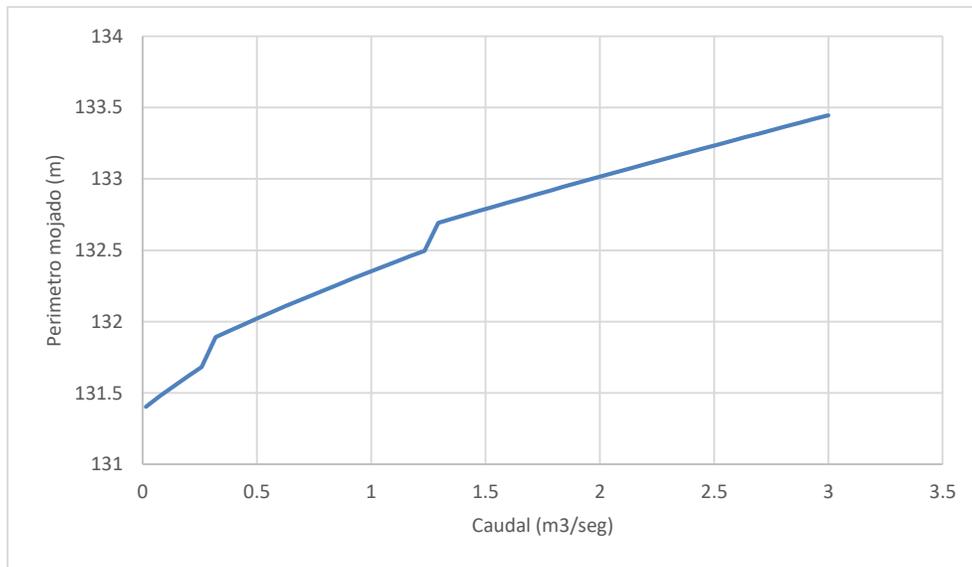
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 11035 – La Ballona							
Coeficiente de rugosidad de Manning (n)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0011			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	9.009	0.067	64.457	2.563	9.112	0.295	67.544
0.127	9.021	0.114	64.905	2.665	9.124	0.325	68.102
0.228	9.029	0.132	65.108	2.766	9.127	0.33	68.195
0.33	9.036	0.148	65.297	2.868	9.13	0.335	68.287
0.431	9.042	0.162	65.475	2.969	9.133	0.339	68.378
0.533	9.048	0.184	65.776	3.071	9.135	0.344	68.468
0.634	9.053	0.194	65.907	3.172	9.138	0.348	68.557
0.736	9.058	0.203	66.036	3.274	9.141	0.353	68.644
0.837	9.063	0.211	66.162	3.376	9.143	0.357	68.731
0.939	9.067	0.219	66.286	3.477	9.146	0.361	68.817
1.04	9.071	0.227	66.408	3.579	9.148	0.365	68.901
1.142	9.075	0.235	66.527	3.68	9.151	0.37	68.985
1.243	9.089	0.269	67.099	3.782	9.153	0.374	69.068
1.345	9.091	0.271	67.133	3.883	9.156	0.377	69.15
1.446	9.093	0.273	67.167	3.985	9.158	0.381	69.231
1.548	9.095	0.275	67.201	4.086	9.16	0.385	69.311
1.649	9.097	0.277	67.236	4.188	9.163	0.389	69.391
1.751	9.098	0.279	67.27	4.289	9.165	0.393	69.469
1.853	9.1	0.281	67.304	4.391	9.167	0.396	69.547
1.954	9.102	0.283	67.338	4.492	9.17	0.4	69.624
2.056	9.104	0.285	67.372	4.594	9.172	0.403	69.701
2.157	9.105	0.287	67.407	4.695	9.174	0.407	69.776
2.259	9.107	0.289	67.441	4.797	9.176	0.41	69.851
2.36	9.109	0.291	67.475	4.898	9.179	0.414	69.925
2.462	9.111	0.293	67.509	5	9.181	0.417	69.999



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 11035 – La Ballona

► E.H. 11046 – Rosa Morada

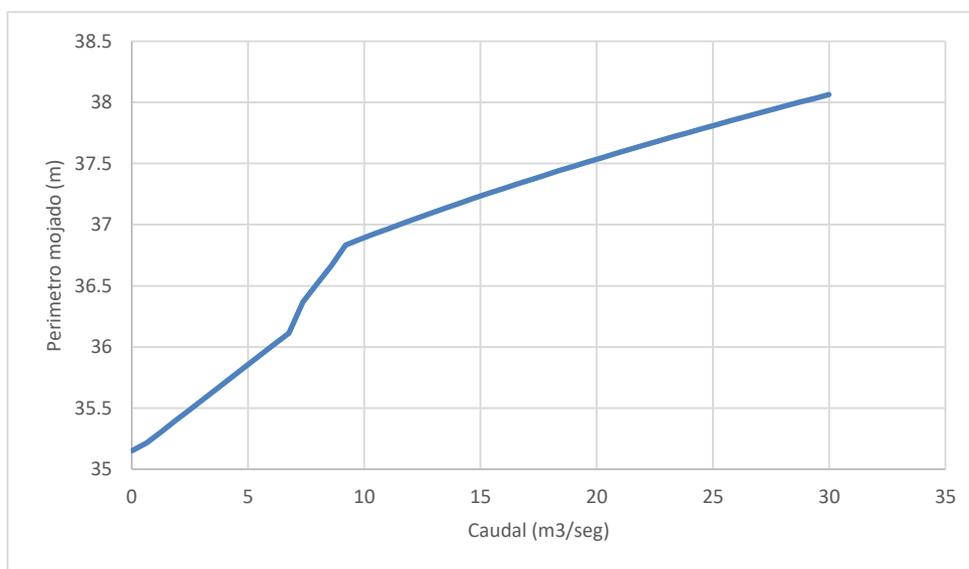
Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 11046 – Rosa Morada							
Coeficiente de rugosidad de Manning (<i>n</i>)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.0023			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.015	15.005	0.083	131.403	1.538	15.048	0.265	132.806
0.076	15.009	0.097	131.478	1.599	15.049	0.268	132.834
0.137	15.011	0.109	131.549	1.66	15.05	0.271	132.862
0.198	15.014	0.119	131.617	1.721	15.051	0.274	132.89
0.259	15.016	0.129	131.681	1.782	15.052	0.277	132.917
0.32	15.019	0.159	131.891	1.843	15.053	0.279	132.945
0.381	15.021	0.165	131.936	1.903	15.054	0.282	132.972
0.441	15.023	0.17	131.979	1.964	15.055	0.285	132.999
0.502	15.025	0.176	132.023	2.025	15.056	0.288	133.026
0.563	15.026	0.181	132.065	2.086	15.057	0.29	133.053
0.624	15.028	0.187	132.107	2.147	15.058	0.293	133.08
0.685	15.029	0.192	132.148	2.208	15.059	0.296	133.107
0.746	15.031	0.197	132.189	2.269	15.059	0.298	133.134
0.807	15.032	0.201	132.229	2.33	15.06	0.301	133.16
0.868	15.033	0.206	132.269	2.391	15.061	0.303	133.187
0.929	15.035	0.211	132.308	2.452	15.062	0.306	133.213
0.99	15.036	0.215	132.346	2.513	15.063	0.308	133.239
1.051	15.037	0.22	132.384	2.574	15.064	0.311	133.265
1.112	15.039	0.224	132.422	2.634	15.065	0.313	133.291
1.172	15.04	0.228	132.459	2.695	15.066	0.316	133.317
1.233	15.041	0.232	132.495	2.756	15.067	0.318	133.343
1.294	15.043	0.253	132.693	2.817	15.068	0.321	133.369
1.355	15.044	0.256	132.721	2.878	15.068	0.323	133.394
1.416	15.046	0.259	132.75	2.939	15.069	0.325	133.42
1.477	15.047	0.262	132.778	3	15.07	0.328	133.445



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 11046 – Rosa Morada

► E.H. 11058 – Siqueros

Parámetros hidráulicos para la estación hidrométrica 11058 - Siqueros							
Coeficiente de rugosidad de Manning (<i>n</i>)				0.025			
Pendiente long. del fondo del cauce				0.005			
Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]	Caudal [m ³ /s]	Elevación [m]	Velocidad [m/s]	Perímetro Mojado [m]
0.025	3.011	0.081	35.153	15.318	3.484	0.875	37.254
0.637	3.072	0.257	35.214	15.93	3.495	0.888	37.292
1.248	3.108	0.327	35.304	16.542	3.507	0.901	37.33
1.86	3.137	0.382	35.394	17.154	3.518	0.914	37.367
2.472	3.162	0.434	35.484	17.765	3.529	0.926	37.404
3.084	3.185	0.47	35.574	18.377	3.54	0.938	37.441
3.695	3.206	0.503	35.664	18.989	3.55	0.95	37.477
4.307	3.226	0.533	35.754	19.601	3.561	0.962	37.512
4.919	3.245	0.561	35.844	20.212	3.571	0.973	37.547
5.531	3.263	0.587	35.934	20.824	3.582	0.984	37.582
6.142	3.28	0.611	36.024	21.436	3.592	0.995	37.616
6.754	3.296	0.634	36.114	22.047	3.602	1.006	37.65
7.366	3.312	0.656	36.367	22.659	3.612	1.017	37.684
7.978	3.327	0.677	36.518	23.271	3.622	1.027	37.717
8.589	3.342	0.697	36.668	23.883	3.631	1.038	37.75
9.201	3.357	0.722	36.834	24.494	3.641	1.048	37.783
9.813	3.371	0.739	36.879	25.106	3.65	1.058	37.815
10.424	3.384	0.756	36.924	25.718	3.66	1.068	37.847
11.036	3.397	0.773	36.967	26.33	3.669	1.077	37.879
11.648	3.411	0.788	37.01	26.941	3.679	1.087	37.91
12.26	3.423	0.804	37.052	27.553	3.688	1.096	37.941
12.871	3.436	0.819	37.094	28.165	3.697	1.106	37.972
13.483	3.448	0.833	37.135	28.777	3.706	1.115	38.003
14.095	3.46	0.847	37.175	29.388	3.715	1.124	38.033
14.707	3.472	0.861	37.215	30	3.724	1.133	38.063



Curva caudal – perímetro mojado E.H. 11058 – Siqueros