

## Antecedentes

### Descripción del área de estudio

#### Ubicación del área de estudio

En México, la cuenca del Río Conchos (Figura 3) se encuentra ubicada en la Región Hidrológica no.24 (RH-24) que forma parte de la Región Hidrológico-Administrativa VI Río Bravo. La Región Hidrológica 24 Bravo-Conchos se localiza al norte del país, limitada al norte por los Estados Unidos de América y al sur por las Regiones Hidrológicas número 35, 36, y 37. Su límite al este se establece por la Región Hidrológica número 25 y al oeste por las regiones número 9, 10 y 34 (DOF, 2011). La cuenca abarca una superficie de más de 60 kilómetros cuadrados, incluyendo tres municipios del estado de Durango y 37 de Chihuahua (World Wildlife Fund, 2006).

Es uno de los sistemas más importantes al norte del país y genera la segunda mayor contribución al producto interno bruto como cuenca, después de la del Valle de México. El Río Conchos, por su parte, es el principal afluente del Río Bravo, aportando de entre un 70% a 90% del agua a su cauce a partir de la confluencia entre ambos en la frontera Ojinaga-Presidio (Laurer, D., s.f.). De ahí su gran importancia en el cumplimiento de tratados internacionales como el Tratado de Aguas de 1944<sup>1</sup>. El río se origina en lo alto de Sierra Madre Occidental, región mejor conocida como Sierra Tarahumara, cruzando por las zonas áridas-desérticas del estado de Chihuahua hasta desembocadura en el Río Bravo.

---

<sup>1</sup> Tratado Internacional de Aguas, celebrado entre México y los Estados Unidos, que regula el uso, aprovechamiento, y entrega de las aguas internacionales de los ríos Bravo, Colorado y Tijuana.



Figura 3. Localización de la cuenca del Río Conchos. Elaboración propia con información de CONAGUA

El Río Conchos se conforma a partir de escurrimientos de otros ríos de menor tamaño y corrientes subterráneas de los acuíferos de la región como lo son Meoqui-Delicias, Jiménez-Camargo y Aldama-San Diego. Los principales tributarios del Conchos son los ríos Nonoava y Balleza, el Río Florido, el Río San Pedro, y el Río Chuvíscar, cada uno con sus respectivos afluentes. La longitud aproximada del río es de 749 km, fluyendo en dirección este/noreste (World Wildlife Fund, 2006).

### Características de la zona

En general la cuenca del Conchos es un sistema que presenta gran diversidad y variaciones en cada una de sus distintas regiones. La cuenca se caracteriza por un clima desértico seco con una temperatura media anual de 17.5°C. Las temperaturas máximas

ocurren en verano, entre los meses de junio a agosto, y las mínimas en invierno, entre los meses de noviembre a febrero. Los meses con menor precipitación y escurrimiento son marzo y abril, mientras que los de mayor son julio y agosto. El conjunto de ecosistemas que conforman al sistema crea una interconexión entre ellos, lo que hace que cualquier modificación en alguna de sus partes altere a las demás. De igual forma, el desarrollo de su población y actividades se relaciona con cada una de sus variaciones, por lo tanto, se presentan condiciones socioeconómicas y culturales diferentes.

Para una descripción más detallada de las características de la cuenca, se toma en cuenta la subdivisión cuenca alta, media y baja que se encuentra constantemente en la literatura. Una síntesis de las características de la cuenca se presenta en la figura 4, que forma parte del reporte de *Manejo Integral de la Cuenca del Río Conchos* preparado por el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés).

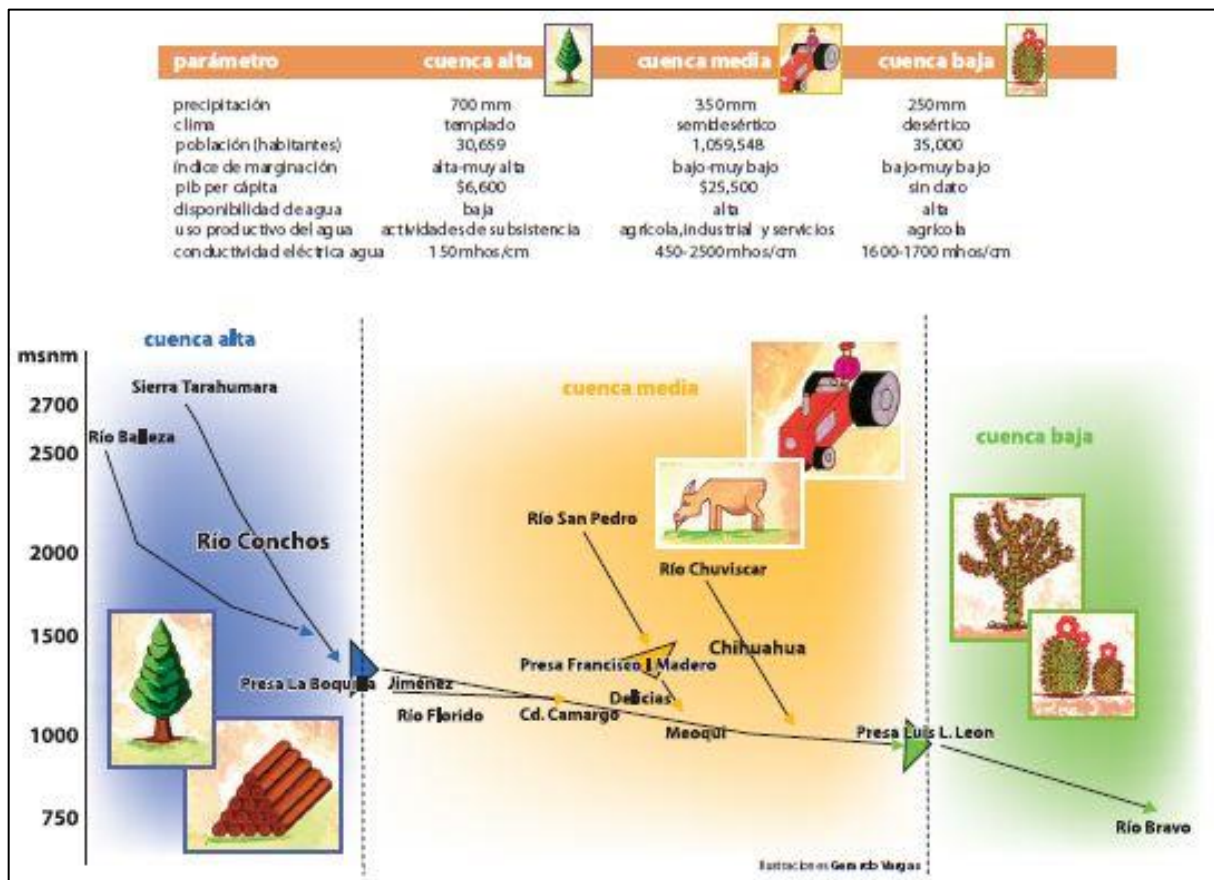


Figura 4. Caracterización de la cuenca del Río Conchos. (World Wildlife Fund, 2006)

### Cuenca alta

La cuenca alta comprende desde los bosques de la Sierra Tarahumara hasta la presa La Boquilla, incluyendo a los estados de Chihuahua y Durango. Según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), su clima varía entre semiseco templado a muy seco semicálido, con una temperatura media anual de 8 a 18°C, máxima de 22°C y mínima 12°C. Su precipitación total anual esta entre 300 a 1,000 mm con un promedio de 700 mm. Los tipos de suelo que se pueden encontrar son Regsol, Feozem, Cambisol, Litosol y Xerosol (CONABIO, s.f.-a).

Las principales actividades económicas son la agricultura, ganadería, minería y agricultura, así como la explotación de las especies acuáticas, la actividad forestal y la industrial. Existe una gran importancia de los pueblos asentados en las montañas de la sierra como los rarámuri, tepehuano, pima y guarijío. Además, se ubican cinco de los municipios con mayor índice de marginación del país (Balleza, Bocoyna, Carichí, Gran Morelos y Nonoava) y la mayoría de sus habitantes vive en comunidades rurales (World Wildlife Fund, 2006).

### Cuenca media

La cuenca media se demarca entre las presas La boquilla y Luis L. León, conocida también como El Granero. Su clima es semiárido a templado subhúmedo, con una temperatura anual de 27°C y mínima anual de 9°C. Su precipitación media es de 350 mm. Sus características se comparten con las de la cuenca alta en cuestión de tipos de suelo y variaciones de temperatura, sin embargo, se distingue por su clima predominante semidesértico.

Los poblados más importantes en esta zona son Chihuahua, Delicias, Hidalgo del Parral y Cd. Camargo. En esta región es donde se concentran los principales consumidores del recurso hídrico en la cuenca como lo es la zona de riego 005 Delicias. Entre las actividades económicas principales está la agricultura, acuicultura, ganadería, minería y maquiladoras.

## Cuenca baja

Comprende desde la presa Luis L. León hasta su descarga al río Bravo/Grande en Ojinaga, Chihuahua. El clima es de tipo árido, semiseco templado, seco templado y seco semifrío, con temperaturas medias anuales de 16 a 22°C. Su temperatura máxima anual es de un aproximado de 32°C y mínima de 17°C. La precipitación total anual se encuentra entre 200 y 400 mm con una media de 200 mm. Los tipos de suelo que predominan son el Regosol, Litosol, Yermosol y Xerosol (CONABIO, s.f.-b).

La región baja presenta menor densidad de población y gran parte de los recursos se destinan a la agricultura. En esta zona el agua se utiliza en mayor medida para el riego agrícola en el Distrito de Riego 090 Bajo Río Conchos. También, se presentan las actividades industriales, mineras, agropecuarias y de acuicultura de especies comerciales.

## Ecosistemas y biodiversidad

La vastedad de la región se traduce en una gran biodiversidad. Estudios han confirmado la gran riqueza que se existe en la cuenca. Sus condiciones climáticas a lo largo de la misma han desarrollado especies únicas en el mundo o endémicas. Los bosques de la Sierra Tarahumara son de los más biodiversos, teniendo una variedad de 40 especies de encino y 27 especies de coníferas (World Wildlife Fund, 2006). Es clara la presencia de plantas medicinales, flores de ornato y vida silvestre, que varía según la zona de la cuenca. El Río Conchos tiene 48 especies de peces de las cuales una docena es endémica. Entre ellas se destacan las recientemente descubiertas “Trucha del Conchos” o “Aparique” (*Oncorhynchus* sp.) y el cachorrito de Julimes (*Cyprinodon julimes*) que habita en un manantial termal a 43°C (Laurer, D., s.f.). La preocupación e interés por la conservación de

estas especies y ecosistemas se hace presente en la existencia de varios estudios nacionales e internacionales, colaboraciones entre instituciones, y en el involucramiento de organizaciones civiles. Sin embargo, el éxito de ello se encuentra relacionado con el manejo sustentable del agua en la cuenca.

Según los reportes de la CONABIO (s.f.-a), la cuenca alta se encuentran tipos de vegetación como el pastizal natural huizachal, matorral desértico micrófilo, matorral desértico rosetófilo, bosques de pino-encino, y vegetación halófila. Entre su fauna característica están los crustáceos Orconectes (*Gremicambarus*) *virilis* y *Procambarus* (*Scapulicambarus*) *clarkii*; de peces *Ameiurus melas*, *Astyanax mexicanus*, *Campostoma ornatum*, *Cyprinella lutrensis*, *Cyprinodon eximius*, *C. pachycephalus*, *Dionda episcopa*, *Gambusia affinis*, *G. hurtadoi*, *G. senilis*, *Etheostoma australe*, *E. grahami*, *E. pottsi*, *Lepisosteus osseus*, *Lepomis cyanellus*, *L. marginatus*, *Moxostoma austrinum*, *Notropis amabilis*, *Oncorhynchus chrysogaster*, *Pylodictis olivaris*, *Rhinichthys cataractae*. Todas las especies se encuentran amenazadas y gran parte de ellas son indicadoras de la limpieza del agua. En cuanto a la cuenca baja, la vegetación se conforma por pastizal, matorral desértico micrófilo y rosetófilo. Su fauna característica incluye a las especies de peces *Ameiurus melas*, *Astyanax mexicanus*, *Campostoma ornatum*, *Catostomus bernardini*, *Codoma ornata*, *Cyprinella lutrensis*, *Cyprinodon eximius*, *Dionda episcopa*, *Eleotris abacurus*, *Etheostoma australe*, *E. grahami*, *E. pottsi*, *Gambusia affinis*, *G. senilis*, *Ictalurus punctatus*, *Lepisosteus osseus*, *Moxostoma austrinum*, *Notropis amabilis*, *Oncorhynchus chrysogaster*, *Pantosteus plebeius*, *Pimephales promelas*, *Pylodictis olivaris*, *Rhinichthys cataractae*, las cuales se

encuentran amenazadas en gran medida por la turbidez, el calentamiento y la baja calidad existente en las aguas de los ríos (CONABIO, s.f.-b).

## Población

La cuenca alberga a una población de 1.3 millones de personas, seis de los nueve municipios más habitados del estado de Chihuahua se ubican ahí. Entre ellos se encuentran Chihuahua, Delicias, Hidalgo del Parral, Camargo, Jiménez y Ojinaga (figura 5). La cuenca del Conchos tiene una población rural de 211,741 habitantes, una población urbana de 1,043,082 habitantes y una densidad de población de 19 habitantes por kilómetro cuadrado (DOF, 2011).

Localidad	Población 1995	Población 2000	Población 2020 (est.)	% cambio (2000-2020)
Chihuahua	609,059	677,852	957,347	41
Hidalgo de	95,913	103,285	136,048	32
Delicias	93,447	99,137	124,996	26
Camargo	37,572	39,189	47,881	22
Jimenez	30,992	32,966	42,121	28
Meoqui	25,066	27,288	34,838	28
Ojinaga	18,063	18,342	20,353	11
Saucillo	15,454	15,679	17,917	14

Figura 5. Ciudades principales en la cuenca del Río Conchos. (CONAGUA, 1997)

Los asentamientos presentan condiciones socioeconómicas diferentes que se relacionan con sus patrones de consumo de recursos naturales, entre ellos. Es importante mencionar la presencia de una gran parte de población rural que viven en condiciones de pobreza, desnutrición, rezago educativo, migración, entre otras (World Wildlife Fund, 2005).



## Disponibilidad y usos del agua

Son dos estrategias principales que se han hecho presentes para el manejo del recurso hídrico. La primera es la creación de presas para asegurar el flujo constante de agua para abastecer a las zonas de riego principalmente, brindar protección contra inundaciones y controlar sedimentos. Mientras que la segunda, es el desarrollo de pozos profundos para la extracción de agua para satisfacer demandas municipales, industriales y agrícolas (Kelly, M., 2001). El tipo de uso de agua en la región se distribuye en un 90.5% del agua destinada para la irrigación de cultivos y el resto para necesidades público-urbano, industrial, pecuario y de generación de energía eléctrica (World Wildlife Fund, 2006).

El agua de la cuenca se maneja en base a la disponibilidad y demanda de acuerdo con las normas mexicanas oficiales y los tratados internacionales establecidos. Todos los volúmenes concesionados a los usuarios de aguas nacionales se encuentran en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA). Para efectos administrativos se clasifican dos tipos de usos del agua: consuntivos y no consuntivos. Los primeros se refieren a los usos público urbano, agrícola, pecuario e industrial autoabastecido. Los no consuntivos, incluyen la generación de energía eléctrica por medio de hidroeléctricas y de nueva inserción se encuentra el uso de conservación ecológica con un volumen concesionado de 9.46 hm<sup>3</sup> al año (CONAGUA, 2016).

Según lo descrito en el Diario Oficial de la Federación (2011), los volúmenes anuales de extracción son de las cantidades de 3,534.855 (85.3%) millones de metros cúbicos (Mm<sup>3</sup>) por fuente superficial y 608.873Mm<sup>3</sup> (14.7%) por fuente subterránea. Los volúmenes de extracción anual de aguas superficiales son de 1,833.723 Mm<sup>3</sup> para el total de usos

consuntivos y 1,701.132 Mm<sup>3</sup> para los usos no consuntivos (DOF, 2011). Es importante mencionar que se encontraron inconsistencias entre los datos de disponibilidad presentados en los reportes de las organizaciones no gubernamentales y los publicados en el Diario Oficial de la Federación.

Ahora bien, existen tres distritos de riego en la cuenca (figura 6) que suman en conjunto una extensión de 109,628 hectáreas. Éstos tienen permisos para explotar, usar y aprovechar aguas nacionales, con un derecho de uso total de 1,321 millones de metros cúbicos al año. De esta cantidad, 86% corresponde a aguas superficiales y el resto a las aguas subterráneas. Del volumen total de extracción, el Distrito de Riego (DR) 005 Delicias tiene el 83% de las aguas superficiales y 100% de las subterráneas, el DR 090 Bajo Río Conchos el 8% de agua superficial, y el DR 103 Río Florido el 9% de agua superficial (COCEF, 2002).

Distrito de Riego	Agua Concesionadas (m <sup>3</sup> /año)		
	Superficial	Subterránea	Total
005 Delicias	941,597,000	189,319,000	1,130,916,000
090 Bajo Río Conchos	84,990,110	-----	84,990,110
103 Río Florido	105,097,300	-----	105,097,300
<b>Suma</b>	<b>1,131,684,410</b>	<b>189,319,000</b>	<b>1,321,003,410</b>

Figura 6. Uso del recurso hídrico por Distrito de Riego (COCEF, 2002)

Por otra parte, las presas son un elemento inherente a la gestión del recurso hídrico en la cuenca. Éstas tienen como objetivo el almacenamiento del agua y posterior distribución a los distritos de riego y, en menor medida, de abastecer a las poblaciones. También, las presas generan energía y controlan el incremento de la cantidad de agua que fluye por los cauces durante las épocas de lluvias, evitando así las inundaciones. Sin embargo, es importante considerar que también alteran el flujo natural del río, modificando e impactando

el equilibrio de los ecosistemas. Las presas mayores instaladas en la cuenca se presentan en la figura 7, junto con sus capacidades y principales usos.

Rio	Presa	Año Terminado	Capacidad Mm <sup>3</sup> (MAF)	Usos
Florido	San Gabriel	1981	255 (0.21)	Riego
Florido	Pico de Aguila	1993	50 (0.045)	Riego
Conchos	La Boquilla	1916	2903 (2.34)	Riego, hidroelectri-
Conchos	La Colina	1927	24 (0.195)	Riego, hidroelectri-
San Pedro	F. Madero	1949	348(0.28)	Riego, control de
Chuviscar	Chihuahua	1960	26(0.21)	Agua municipal, riego, control de
Conchos	Luis L. León	1968	337(0.29)	Riego, control de

Figura 7. Presas principales en la cuenca del Río Conchos (Kelly, 2001)

## Problemáticas

La lista de problemáticas en la cuenca es tan variada como ella misma. Es importante considerar en cada problemática los efectos e impactos sociales, ambientales, y económicos para así poder tener una perspectiva completa. Además, se debe destacar que las situaciones presentes en la cuenca, así como en sus fuentes de agua, son resultado de la combinación de varios factores y su magnitud. A continuación, se describen algunos de los problemas más representativos de la región.

### Incremento poblacional / aumento de las demandas

Aunque la cantidad de agua demandada por asentamientos público-urbanos sea por mucho menor que la exigida por las actividades de agricultura, éstas últimas se relacionan directamente con el aumento de la población y el aumento de la demanda alimenticia. Este

problema no es específico de la cuenca, si no que existe un constante incremento mundial de la producción de alimentos (FAO, 2009). La presión hacia los recursos extraídos y utilizados en la cuenca no es exclusiva de la región, sino también de la demanda que se ejerce desde afuera de la misma. Pero también, la demanda de agua para usos industriales y domésticos ha crecido en las últimas décadas. Se calcula que la población aumentará a 1.77 millones para el año 2020 y a 2.44 millones en el año 2050, concentrándose la mayoría en los centros urbanos (Kelly, M., 2001). A medida que se aumenta la población se aumenta el estrés hacia las fuentes del recurso hídrico y otros.

Actualmente, existe una escasez de agua en las zonas de mayor desarrollo económico y dinámica demográfica, esto conduce a que exista una disminución de ocurrencia de agua per cápita a medida en que el consumo aumenta (DOF, 2011). Las dinámicas de crecimiento en el estado de Chihuahua impactan directamente a la cuenca del Río Conchos por su ubicación. En este estado un 85% de la población se encuentra en asentamientos urbanos y un 15% en zonas rurales (INEGI, 2017), lo que demarca claramente los retos relacionados con el abastecimiento y saneamiento en las zonas metropolitanas. Entre otros desafíos se encuentra la creciente concentración urbana, la necesidad del establecimiento de medidas de conservación, y la instalación de servicios o infraestructuras que incrementen el uso eficiente del agua.

## Sequías

La región ha sido afectada en gran medida por una sequía persistente, causando una reducción drástica de la cantidad de agua que llega a las presas. Un claro ejemplo es la reducción de agua recibida en la presa La Boquilla, pasando de 1,272 Mm<sup>3</sup> entre 1935 y

1992 a 853 Mm<sup>3</sup> durante la sequía de los años 1993-1999. Los efectos de la sequía han impactado la agricultura, mayormente en la cuenca alta, la ganadería y los cultivos de temporal. Entre los años 1994 y 1999 la CONAGUA declaró una notoria reducción de riego en los principales DR en la cuenca. En los últimos 50 años se registraron tres sequías críticas: entre los años 1948 a 1954, 1960 a 1964, con una duración histórica de 2 a 4 meses (DOF, 2011).

La sequía, como fenómeno, ha generado polémica y presión en el cumplimiento de los acuerdos del Tratado de 1944 ya que se redujo el agua que llega al Río Bravo. Uno de los principales problemas son las deudas de entrega de agua que se tienen con Estados Unidos. En especial, en el estado de Texas, se discute la forma en que se controlan las presas en el Conchos pues se afirma que México debería liberar más agua de ellas para aumentar el flujo de agua en el Río Bravo (Kelly, M., 2001). Esta situación tiene implicaciones económicas, sociales y de gestión de la cuenca, así como en las relaciones binacionales. Además, los impactos de las sequías se intensifican con el manejo inadecuado de los recursos naturales de la cuenca; los que se relacionan con otros fenómenos como la deforestación y desperdicio del agua debido a la ineficiencia en su uso.

### Deforestación

La deforestación, la pérdida de suelo y de vegetación representa un cambio de las zonas de captación de agua disminuyendo la infiltración. También, se presenta el arrastre de suelos contaminados y desprotegidos que erosiona a los cauces y azolva las presas. Estos factores afectan la disponibilidad e incrementan la vulnerabilidad de la población. Por otra parte, las comunidades ante la falta de actividades productivas explotan los recursos

forestales como su principal fuente de ingreso. Sin un control y gestión adecuada se ponen en riesgo a los bosques al ir degradándolos.

La pérdida de biodiversidad se relaciona directamente con la deforestación, al ir perdiendo el hábitat de las distintas especies presentes en la cuenca. Entre sus causas se encuentran los incendios forestales, la introducción de especies no nativas, la escasez y la degradación de la calidad del agua. De igual modo, la combinación con efectos de las inundaciones, deslaves, erosión, sequías, y la variación climática impactan directamente a la pérdida de los ecosistemas (World Wildlife Fund, 2005). Además, se debe considerar que varias especies de la región se encuentran en peligro de extinción.

#### Sobreexplotación del recurso hídrico

Ligado al incremento en las demandas de los usuarios del agua, se encuentra la sobreexplotación de fuentes subterráneas. Ya que la mayoría del agua superficial se almacena y distribuye por las presas para el riego, las demás necesidades de los usuarios se cubren con el agua proveniente de pozos profundos. Esto ejerce una presión significativa en los quince acuíferos existentes en la cuenca del Conchos. Se declara en los estudios técnicos publicados en el Diario Oficial de la Federación que 11 acuíferos cuentan aún con disponibilidad, mientras que los 4 restantes carecen de ella (DOF, 2011). Esos cuatro acuíferos se consideran “sobreexplotados” lo que significa que la extracción anual supera la recarga anual (figura 8).

<b>Acuífero</b>	<b>Extracción Anual Mm<sup>3</sup> (MAF)</b>	<b>Recarga Anual Total Mm<sup>3</sup> (MAF)</b>	<b>% Sobreexplotación</b>
Chihuahua-Sacramento	125 (0.102)	55 (0.045)	127
Jiménez-Camargo	580 (0.475)	440 (0.361)	24
Parral-Valle de Verano	32 (0.026)	26 (0.021)	21
Tabaloapa-Aldama	66 (0.054)	55 (0.045)	19

*Figura 8. Acuíferos sobreexplotados (CONAGUA, 1997)*

Según CONAGUA, existe un déficit hídrico en la cuenca ya que las sub-cuencas que la conforman presentan una falta de disponibilidad, evidencias de deterioro y desequilibrio hidrológico (DOF, 2011). A estos problemas se le añade el que existe poca información sobre las tasas de agotamiento como efecto de la extracción y de las tasas de recarga. Algunas instalaciones carecen de sistemas de medición eficientes, lo que imposibilita que exista una precisión en los cálculos de extracción y mantener una extracción sustentable (Kelly, M., 2001).

#### Contaminación del agua

El Río Conchos es uno de los principales recolectores de aguas residuales que se generan por la agricultura, incluyendo una contaminación importante por el uso de fertilizantes y pesticidas. En la cuenca media es donde se genera mayor parte de la contaminación por las descargas de aguas residuales municipales sin tratar y el arrastre del agua proveniente de las zonas agrícolas y urbanas. En los ríos, principalmente en el Conchos, Bravo, Florido y San Pedro, se presentan coliformes fecales provenientes de descargas domésticas. En el Río Florido se ha identificado contaminación de petróleo y grasas. En el

Río Conchos se observa un incremento en la concentración de nutrientes que orillan a la eutrofización del mismo. Esto se debe a la marcada presencia de la actividad agrícola con la utilización de químicos en el suelo y en los cultivos. En el año 2001, sólo se tenía una estación de monitoreo de calidad del agua a lo largo del Río Florido y cuatro estaciones a lo largo del Río Conchos (Kelly, M., 2001). Y para el año 2002, se menciona que ya sólo existían tres estaciones de monitoreo en el Río Conchos (COCEF, 2002).

En toda la cuenca, sólo el 14% del agua residual es tratada (World Wildlife Fund, 2006). La mayoría de las comunidades rurales carece de plantas recolectoras y de tratamiento de aguas residuales. Además, hay problemas con los sistemas de tratamiento instalados al presentarse descargas clandestinas que no se contabilizan. A esto se le añade la falta de cultura de cuidado del agua y de reutilización del agua tratada. El agua subterránea no se encuentra exenta de la contaminación ya que se presentan altos niveles de arsénico en ella, realidad de los acuíferos de Meoqui y Jiménez. Se ha encontrado la presencia de metales pesados en los pozos de otros acuíferos como en los de Tabalaopa-Aldama y Jiménez-Camargo. Otro problema de contaminación se refleja con el incremento de la salinidad del agua, que es resultado de minerales que se arrastran desde el suelo o vegetación hacia los cauces. Esto se presenta a lo largo de la cuenca y afecta directamente la disponibilidad del agua.

## Sistemas de monitoreo y control de la calidad del agua

### Normativa nacional y semáforo de calidad del agua

Bajo a lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) son regulaciones técnicas de observancia obligatoria



mientras que las Normas Mexicanas (NMX) son de aplicación voluntaria. Entre las principales normas relacionadas con la calidad de las descargas hacia cuerpos de agua se encuentran la NOM-001-SEMARNAT-1996, NOM-002-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997 (CONAGUA, 2016). La calidad del agua se determina a partir de características físicas y químicas de muestras del agua, siguiendo límites y estándares dictaminados en las normativas aplicables. En base a esto, se puede identificar si el agua se puede destinar a cierto uso o actividad. En México, según el año 2015, la Red Nacional de Monitoreo contaba con 4,999 sitios distribuidos en todo el país (CONAGUA, 2016). Generalmente, se establecen sitios de monitoreo de calidad del agua en zonas con alta influencia antropogénica.

En la calidad del agua en México se reportan 3 parámetros importantes: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días ( $DBO_5$ ), Sólidos Suspendedos Totales (SST) y el Oxígeno Disuelto (OD). El primer indicador refleja la cantidad de materia orgánica presente en un cuerpo de agua provenientes de descargas residuales. El  $DBO_5$  es proporcional a la cantidad de materia orgánica que es biodegradable en 5 días. Por otra parte, los SST miden los sólidos sedimentables, sólidos, y materia orgánica en suspensión que se originan de las aguas residuales y por efecto de la erosión del suelo. El oxígeno disuelto permite conocer sobre el oxígeno disponible para el ecosistema, a menor OD se tiene mayor contaminación. Además, se considera, la presencia de coliformes fecales (CF), toxicidad aguda (TA) con la detección de *vibrio fisheri* y *daphnia magna*, la presencia de *escherichia coli* (E\_COLI), y la base en enterococos fecales (ENTEROC). En algunas ocasiones se evalúa la salinización de aguas subterráneas por medio del indicador de Sólidos Disueltos Totales (SDT), donde de

acuerdo a sus concentraciones se clasifican como aguas dulces (menor a 1,000 mg/l), aguas ligeramente salobres (1,000 a 2,000 mg/l), salobres (2,000 a 10,000 mg/l) y salinas (mayor a 10,000 mg/l).

Para dar a conocer la calidad del agua general en un cuerpo de agua, de una manera efectiva y simple, se buscó una metodología uniforme. A principios de los años setenta, se desarrolló un primer sistema estimativo de calidad del agua llamado Índice de Calidad del Agua (ica), basado en 18 parámetros y expresado en porcentaje de agua pura. Posteriormente, se estableció el sistema semáforo que lo remplazaría, el cual considera los parámetros anteriormente mencionados. Por lo tanto, la calidad en un cuerpo de agua se presenta a través de un semáforo (figuras 9, 10 y 11) de cinco colores que categoriza la calidad según cada parámetro como excelente, buena calidad, aceptable, contaminada o fuertemente contaminada (SEMARNAT, 2007).

Criterio (mg/l)	Clasificación	Color
$DBO_5 \leq 3$	<b>EXCELENTE</b> No CONTAMINADA	<b>AZUL</b>
$3 < DBO_5 \leq 6$	<b>BUENA CALIDAD</b> AGUAS SUPERFICIALES CON BAJO CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA BIODEGRADABLE	<b>VERDE</b>
$6 < DBO_5 \leq 30$	<b>ACEPTABLE</b> CON INDICIO DE CONTAMINACIÓN. AGUAS SUPERFICIALES CON CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN O CON DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS BIOLÓGICAMENTE	<b>AMARILLO</b>
$30 < DBO_5 \leq 120$	<b>CONTAMINADA</b> AGUAS SUPERFICIALES CON DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES CRUDAS, PRINCIPALMENTE DE ORIGEN MUNICIPAL	<b>NARANJA</b>
$DBO_5 > 120$	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA</b> AGUAS SUPERFICIALES CON FUERTE IMPACTO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES CRUDAS MUNICIPALES Y NO MUNICIPALES	<b>ROJO</b>

Figura 9. Escala de clasificación calidad del agua superficial con base en  $DBO_5$  (CONAGUA, 2017)

Criterio (%)	Clasificación	Color
$70 < OD \leq 110$	<b>EXCELENTE</b>	<b>AZUL</b>
$50 < OD \leq 70$ $110 < OD \leq 120$	<b>BUENA CALIDAD</b>	<b>VERDE</b>
$30 < OD \leq 50$ $120 < OD \leq 130$	<b>ACEPTABLE</b>	<b>AMARILLO</b>
$10 < OD \leq 30$ $130 < OD \leq 150$	<b>CONTAMINADA</b>	<b>NARANJA</b>
$OD \leq 10$ $OD > 150$	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA</b>	<b>ROJO</b>

Figura 10. Escala de clasificación de calidad del agua superficial con base en % OD (CONAGUA 2017)

Criterio (mg/l)	Clasificación	Color
$SST \leq 25$	<b>EXCELENTE</b> CLASE DE EXCEPCIÓN, MUY BUENA CALIDAD	<b>AZUL</b>
$25 < SST \leq 75$	<b>BUENA CALIDAD</b> AGUAS SUPERFICIALES CON BAJO CONTENIDO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS, GENERALMENTE CONDICIONES NATURALES. FAVORECE LA CONSERVACIÓN DE COMUNIDADES ACUÁTICAS Y EL RIEGO AGRÍCOLA IRRESTRICTO	<b>VERDE</b>
$75 < SST \leq 150$	<b>ACEPTABLE</b> AGUAS SUPERFICIALES CON INDICIO DE CONTAMINACIÓN. CON DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS BIOLÓGICAMENTE. CONDICIÓN REGULAR PARA PECES. RIEGO AGRÍCOLA RESTRINGIDO	<b>AMARILLO</b>
$150 < SST \leq 400$	<b>CONTAMINADA</b> AGUAS SUPERFICIALES DE MALA CALIDAD CON DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES CRUDAS. AGUAS CON ALTO CONTENIDO DE MATERIAL SUSPENDIDO	<b>NARANJA</b>
$SST > 400$	<b>FUERTEMENTE CONTAMINADA</b> AGUAS SUPERFICIALES CON FUERTE IMPACTO DE DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES CRUDAS MUNICIPALES Y NO MUNICIPALES CON ALTA CARGA CONTAMINANTE. MALA CONDICIÓN PARA PECES	<b>ROJO</b>

Figura 11. Escala de clasificación de calidad del agua superficial con base en SST (CONAGUA, 2017)

### Infraestructura de las plantas de tratamiento de aguas residuales

En México las aguas residuales se clasifican en municipales y no municipales. Las primeras corresponden a las que se generan por los centros de población, urbanos y rurales, y se colectan en sistemas de alcantarillado. Las no municipales, son aguas generadas por otros usos, como la industria autoabastecida, que se descargan directamente en cuerpos de agua sin colectarse previamente por un sistema de alcantarillado. Las plantas de tratamiento de aguas residuales utilizan distintas tecnologías y procesos, pero todas se instalan con la intención de obtener una calidad del agua óptima para su retorno a cuerpos de agua o para el re-uso de la misma. En la figura 12 se presentan los procesos de tratamiento de agua utilizados en el país durante el año 2015 y su frecuencia de uso en porcentajes. Sin embargo,

en la cuenca de estudio los procesos de tratamiento existentes son del tipo lagunar, fisicoquímico y biológico (DOF, 2011).

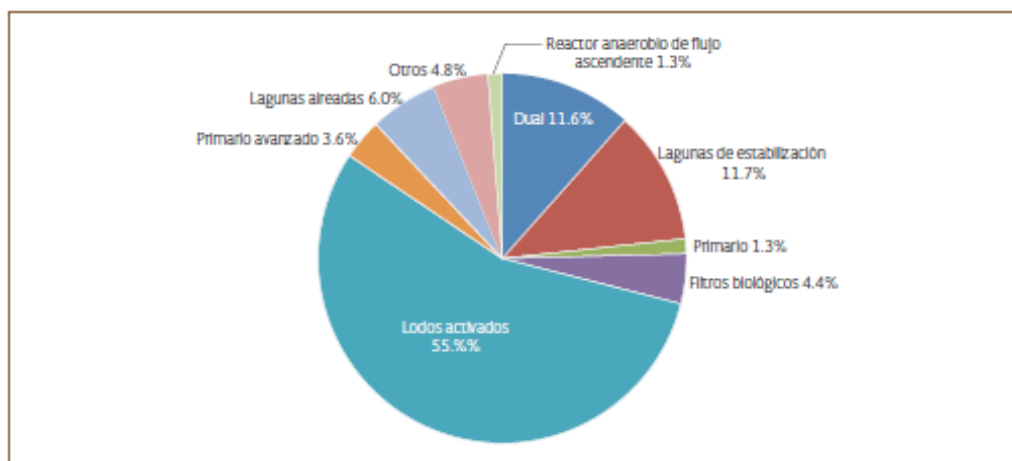


Figura 12. Principales procesos de tratamiento de aguas residuales por caudal tratado (CONAGUA, 2016)

En el año 2011, se tenían 30 plantas de tratamiento en operación sobre el Río Conchos, con un gasto máximo de operación de 4,999 L/s con una eficiencia de 78% (DOF, 2011). Para el año 2015, en la cuenca del Río Conchos se tenían 92 plantas de tratamiento según el registro del SINA con una capacidad instalada total de 4,939.5 m<sup>3</sup>/s y un caudal total tratado de 2,935.9 m<sup>3</sup>/s (figura 13).

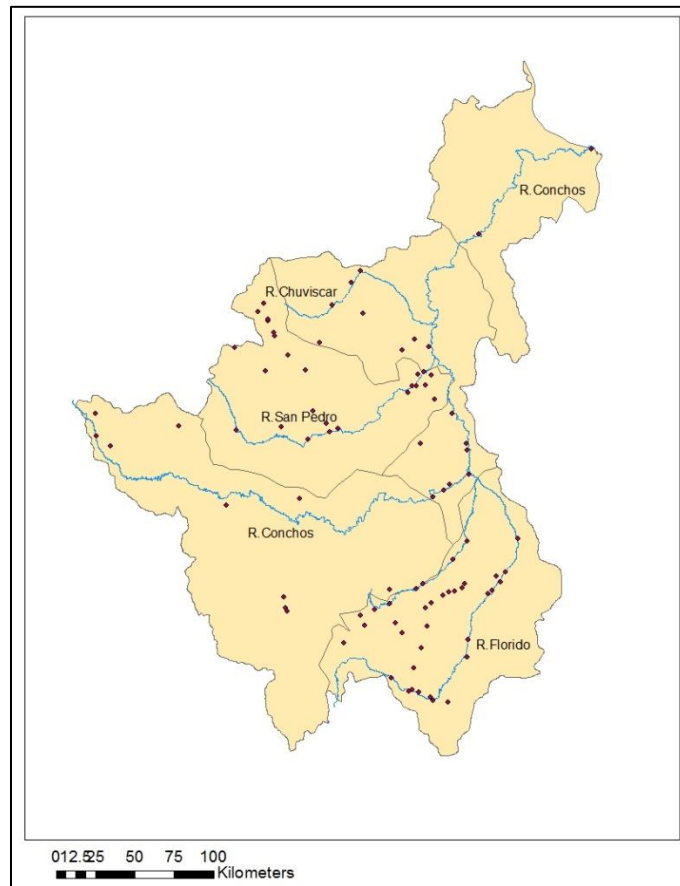


Figura 13. Ubicación plantas de tratamiento de aguas residuales. Elaboración propia con información de CONAGUA

### Norma Mexicana de Caudal Ecológico NMX-AA-159-SCFI-2012

La Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas (World Wildlife Fund-México, 2012). De una manera más amplia, tiene como objetivo el establecimiento del procedimiento y especificaciones técnicas para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales en una cuenca hidrológica. Es necesario que se garantice un régimen de caudal ecológico en las corrientes y/o escurrimientos para mantener un equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico. Además, permite la

protección y preservación de los ecosistemas fluviales, lacustres, lagunares y estuarios. En otras palabras, es importante considerar este tipo de caudal en la gestión hídrica para asegurar la conservación de la biodiversidad y de los servicios ambientales.

Un caudal ecológico se define como la cantidad, calidad y variación del gasto o agua que se reserva para preservar servicios ambientales, funciones, procesos, componentes y la resiliencia de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Ya que éstos dependen de procesos hidrológicos, geomorfológicos, ecológicos y sociales. Por lo tanto, se busca desarrollar un régimen de caudal ecológico que permita establecer un régimen para sostener a los ecosistemas, los usos del agua y las necesidades de almacenamiento a lo largo del año. Dicho régimen es un instrumento de la gestión del agua que se basa en el principio ecológico del régimen natural y el gradiente de la condición biológica. Debido a la complejidad de los elementos a considerar en su cálculo y sus variaciones, se han desarrollado varios métodos para determinar el régimen de caudal ecológico a nivel internacional. Generalmente, estos se clasifican por la manera en que se aproximan o abordan al problema, y por lo tanto se debe escoger la técnica que mejor se adecue a cada sistema.

La Norma en sí, señala las metodologías para la determinación del caudal ecológico como una medida de regulación de la explotación, uso y conservación del agua con la finalidad de promover un desarrollo sustentable en las cuencas hidrológicas. Para su correcta aplicación se debe hacer referencia a otras normas oficiales mexicanas: NOM-011-CONAGUA-2000 en materia de conservación del recurso del agua que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales y la NOM-059-SEMARNAT-2010 en materia de protección ambiental que

establece las categorías de riesgo de especies nativas de México de flora y fauna y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. La norma de caudal ecológico determina objetivos ambientales por cuenca hidrológica que dependen de su importancia ecológica y de su presión de usos del agua (figura 14). Este objetivo ambiental representa el estado ecológico que se pretende alcanzar o conservar en la cuenca y se relaciona directamente con el régimen de caudal ecológico a determinar.

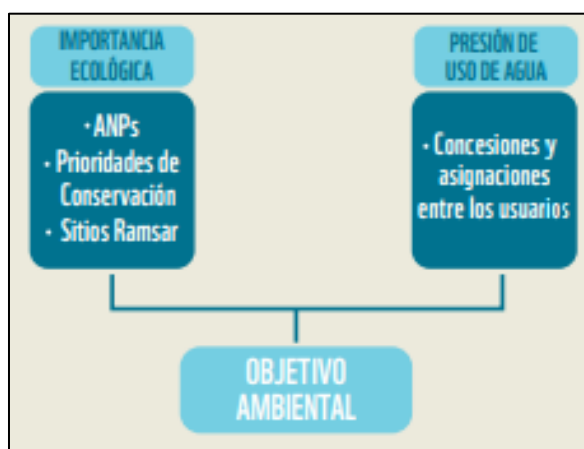


Figura 14. Modelo conceptual objetivos ambientales (World Wildlife Fund, 2015)

El método para su determinación se muestra en la figura siguiente:

<b>Importancia ecológica</b>	<b>Muy alta</b>	A	A	B	C
	<b>Alta</b>	A	B	B	C
	<b>Media</b>	A	B	C	C
	<b>Baja</b>	A	B	C	D
		<b>Baja</b>	<b>Media</b>	<b>Alta</b>	<b>Muy Alta</b>
		<b>Presión de uso</b>			

Figura 15. Matriz de objetivos ambientales (Salinas, S. 2011)

En donde A = Representa un objetivo ambiental cuyo estado o nivel de conservación deseado es Muy bueno; B = Bueno; C = Moderado; y D = Deficiente.



En cuanto a las metodologías, la Norma contiene seis apartados o apéndices que las detallan con claridad destacando el procedimiento y los datos requeridos para su construcción. Según lo dictado en la normatividad se aceptan las metodologías hidrológicas, hidrobiológicas o de simulación del hábitat, y las holísticas; siempre y cuando lleven a la práctica los siguientes fundamentos científicos clave (World Wildlife Fund, 2015):

- Deberá permitir entender el significado ecológico de cada componente del régimen hidrológico natural y generar propuestas funcionales para su conservación o restablecimiento.
- Las propuestas tendrán que considerar el rango natural de variabilidad hidrológica tanto en condiciones ordinarias, así como en su régimen de avenidas.
- Reconoce que un ecosistema acuático modifica sus atributos como respuesta al aumento de los niveles de estrés, por lo tanto, permite ajustar las propuestas de caudal ecológico a los objetivos ambientales o de conservación del río.