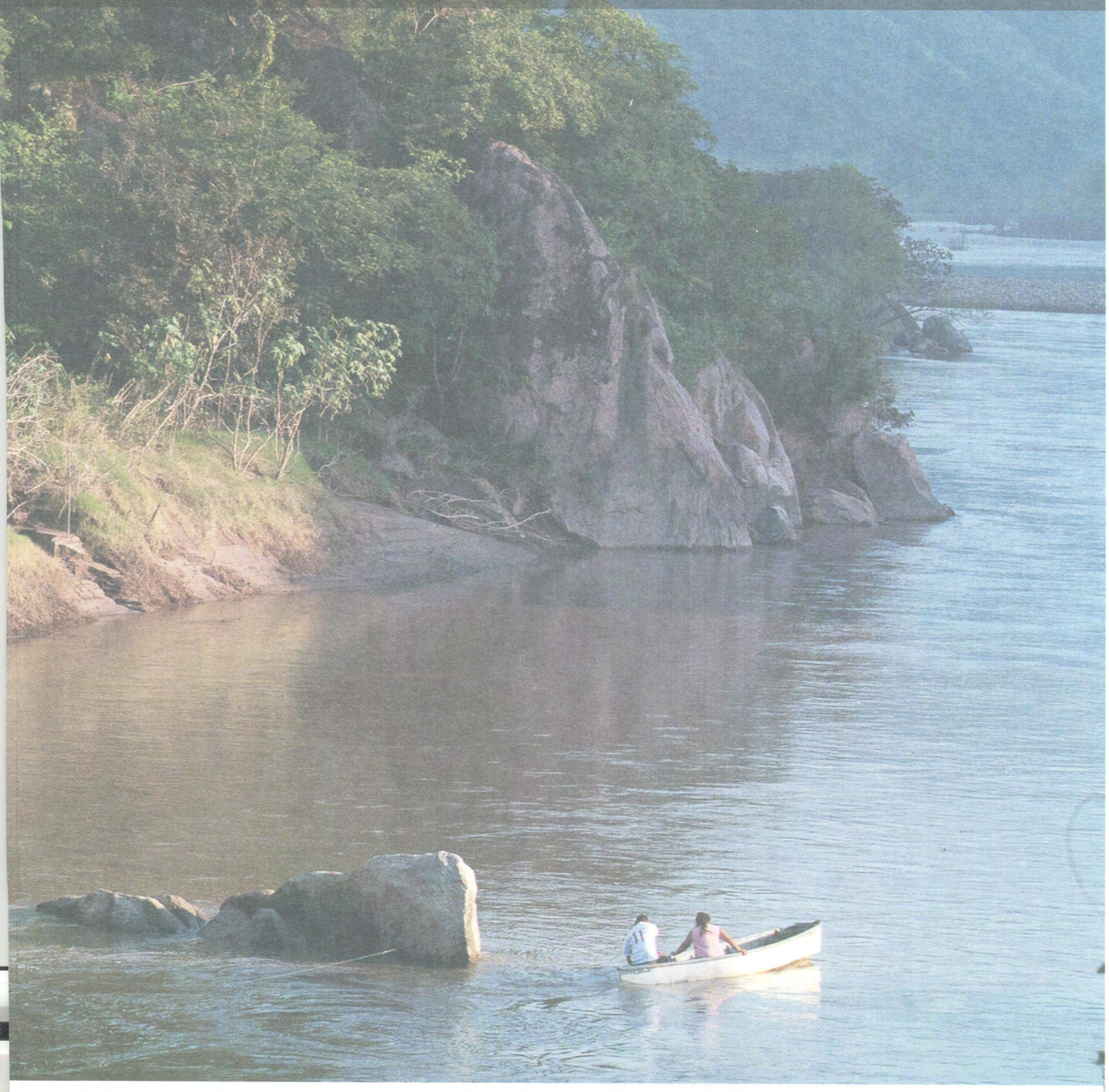
NORMA MEXICANA NMX-AA-159-SCFI-2012

QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO EN CUENCAS HIDROLÓGICAS

CUADERNO DE TRABAJO



Con el apoyo de la Alianza

CONAGUA
Comisión Nacional del Agua

WWF

FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

BID
Iniciativa de Agua y Saneamiento

NORMA MEXICANA
NMX-AA-159-SCFI-2012

QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO EN CUENCAS HIDROLÓGICAS

THAT ESTABLISHES THE PROCEDURE FOR ENVIRONMENTAL FLOW DETERMINATION IN HYDROLOGICAL BASINS

CUADERNO DE TRABAJO

Con el apoyo de la Alianza

CONAGUA
Comisión Nacional del Agua

WWF

FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

BID
Iniciativa de Agua y Saneamiento

Presentación

El pasado 20 de septiembre de 2012 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación la Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012, que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. Esta norma es un instrumento indispensable para conservar y recuperar la funcionalidad ecológica del ciclo hidrológico, pero también es un instrumento para controlar de manera sistemática la alteración de este ciclo y sus efectos en la biodiversidad, ante el avance en los usos del agua.

El camino para llegar a esta norma inició en el 2007, cuando la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) nos invitó a formar parte del grupo de trabajo para su desarrollo. En aquel entonces, las experiencias de determinación de caudal ecológico en el país se limitaban a estudios desarrollados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) alrededor de 1996; así como a los inicios de los trabajos de la Alianza creada entre la Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. y el Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF, por sus siglas en inglés) para proponer nuevos modelos de manejo del agua en México.

Estos trabajos resultaron pioneros, ya que se enfocaron en determinar caudales ecológicos a partir de la metodología denominada "construcción por bloques" (BBM), clasificada como holística y reconocida por su confiabilidad, y aplicarla con todo detalle al río Conchos en Chihuahua, para posteriormente replicar la experiencia en otras dos cuencas: la que conforman los ríos Copalita-Zimatán-Huatulco en Oaxaca, y la del río San Pedro Mezquital en los estados de Durango, Zacatecas y Nayarit.

La síntesis de estas experiencias, en las que participaron más de 100 expertos, generó suficiente conocimiento para nutrir e ilustrar las discusiones del grupo de trabajo de la Norma y, en 2010, integrar la versión final que ahora se publica.

Esta Norma establece los principios y procedimientos para determinar un régimen de caudal ecológico, concepto que es reconocido por la Ley de Aguas Nacionales como "caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos de agua, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema".

Entre sus aspectos más relevantes destaca el establecimiento de objetivos ambientales a partir de un balance entre la importancia ecológica (determinada a partir de instrumentos desarrollados por la CONABIO, CONANP y el INE) y la presión de uso del agua de cada una de las 732 cuencas hidrológicas del país; así como la incorporación de distintas metodologías jerarquizadas según la complejidad de la cuenca a analizar.

Esta norma es, sin duda, una de las más avanzadas en el mundo, no por su complejidad, sino por fundamentarse en principios científicos y proponer los caudales ecológicos como un instrumento de gestión hídrica, que concilia el aprovechamiento del agua con la conservación de ecosistemas y sus servicios, en diferentes niveles de protección o uso.

La Norma nace de la experiencia misma de la gestión del agua y la consideración del ambiente como proveedor de este recurso, en un esfuerzo de colaboración encabezado por la CONAGUA y la Alianza WWF-FGRA, y con la participación activa de las siguientes instituciones y organizaciones: IMTA, Instituto de Biología e Instituto de Ingeniería de la UNAM, Instituto Nacional de Ecología, Comisión Federal de Electricidad, SEMARNAT, CONANP, CONABIO y The Nature Conservancy.

WWF-México
México DF, Noviembre 2012

Índice

Página	
05	I. NMX-AA-159-SCFI-2012 Norma mexicana que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas
06	0. INTRODUCCIÓN
08	1. OBJETIVO
08	2. CAMPO DE APLICACIÓN
08	3. REFERENCIAS
08	4. DEFINICIONES
10	5. ESPECIFICACIONES
17	APENDICE NORMATIVO A Objetivos ambientales para las Cuencas Hidrológicas de México
50	APENDICE NORMATIVO B Procedimiento para la determinación de la alteración del régimen hidrológico natural en una corriente por la presencia de infraestructura
52	APENDICE NORMATIVO C Metodología hidrológica para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales a nivel de cuenca hidrológica, con base en el método propuesto por García et al. (1999)
59	APENDICE NORMATIVO D Metodología hidrológica para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de aguas nacionales a nivel de cuenca hidrológica. Aproximación metodológica propuesta por la Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P.
64	APENDICE NORMATIVO E Metodología hidrobiológica para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de aguas nacionales a nivel de cuenca hidrológica.
75	APENDICE INFORMATIVO F Metodología holística para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales a nivel de cuenca hidrológica con base en King et al. (2000)

88 6. VIGENCIA

88 7. BIBLIOGRAFIA

91 8. CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

92 APENDICE INFORMATIVO G
Consideraciones Generales

93 II. Declaratoria de vigencia de la norma mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012

97 Notas

NORMA MEXICANA
NMX-AA-159-SCFI-2012

Que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas

That establishes the procedure for enviromental flow determination in hydrological basins

Prefacio

En la elaboración de esta norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE)
  Centro de Anteproyectos Pacífico Sur

- COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA (CONAGUA)
  Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento
  Subdirección General Técnica
  Subdirección General de Programación

- COMISIÓN NACIONAL DE ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS (CONANP)
  Dirección de Fortalecimiento a la Operación Regional

- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO)
  Dirección de Análisis y Prioridades

- INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA (IMTA)
  Coordinación de tratamiento y calidad del agua
  Subcoordinación de Hidrobiología y Evaluación Ambiental

- INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA (INE)
  Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas

- SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (SEMARNAT)
  Dirección General del Sector Primario y Recursos Naturales Renovables

- THE NATURE CONSERVANCY – AMÉRICA LATINA
  Dirección de Política Ambiental en Latinoamérica

- UNIVERSIDAD NACIONA AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM)
  Instituto de Biología
  Departamento de Zoología
  Instituto de Ingeniería
  Coordinación de Ingeniería Ambiental

- WORLD WILDLIFE FUND, INC. PROGRAMA MÉXICO (WWF-MÉXICO)
  Programa Agua

NORMA MEXICANA
NMX-AA-159-SCFI-2012

Que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas

That establishes the procedure for enviromental flow determination in hydrological basins

0. Introducción

Para mantener el equilibrio de los elementos naturales que intervienen en el ciclo hidrológico, así como permitir la protección de los ecosistemas riparios, ecosistemas acuáticos terrestres y costeros, es necesario que se garantice un régimen de caudal ecológico en las corrientes o escurrimientos.

Existe una problemática nacional relativa a la disminución del agua en los cauces, derivada de la competencia entre usos y la falta de regulación conforme la disponibilidad del recurso, como por ejemplo, la demanda de agua en sitios aguas arriba de las cuencas hidrológicas, no considera la conservación de un escurrimiento hacia las partes bajas, así como en el caso del agua subterránea no considera la descarga del acuífero hacia cuerpos de agua superficiales.

Al no existir una normatividad específica con respecto al caudal ecológico, las concesiones y asignaciones, así como los permisos de descarga, no han considerado plenamente la necesidad de establecer un régimen de caudal, que es de gran importancia para la preservación de los ecosistemas: fluviales, lacustres, lagunares y estuarinos.

La definición de caudal ecológico es la cantidad, calidad y variación del gasto o agua reservada para preservar servicios ambientales, componentes, funciones, procesos y la resilencia de ecosistemas acuáticos y terrestres que dependen de procesos hidrológicos, geomorfológicos, ecológicos y sociales. Esto implica que además proveer agua para los usos doméstico, público urbano, pecuario y agrícola, es posible mantener caudales provenientes tanto del escurrimiento, como de las descargas de los acuíferos para la conservación de los ecosistemas lóticos (ríos perenes, intermitentes y efímeros), lénticos (lagos, lagunas, y humedales) y riparios con la aportación de los acuíferos al ecosistema, que sirven para conservar la biodiversidad y los servicios ambientales.

Para determinar el régimen de caudal ecológico se han desarrollado, a nivel internacional, gran cantidad de metodologías. Éstas se clasifican por la forma en que se aproximan o abordan al problema. El reto en la actualidad es cómo elegir el método más adecuado y esto depende de que cumplan con los principios o fundamentos actualmente válidos.

Los principales principios científicos para la determinación de caudal ecológico son el paradigma del régimen hidrológico natural y el del gradiente de la condición biológica. Lo anterior implica que cualquier metodología será válida si se enfoca en entender el significado ecológico de cada componente del régimen natural y genera propuestas para su conservación o restablecimiento total o parcial, desde el punto de vista funcional. Asimismo, cualquier metodología será válida si reconoce que un ecosistema acuático modifica sus servicios como respuesta al aumento de los niveles de estrés. De esta manera y desde el punto de vista conceptual, cualquier procedimiento para la determinación de caudales ecológicos, partirá de reconocer las condiciones naturales del régimen hidrológico, su estado de alteración, las posibilidades de conservación

o recuperación de los componentes del régimen hidrológico para alcanzar o mantener un estado ecológico deseado u objetivo ambiental.

El régimen de caudales ecológicos es un instrumento de la gestión del agua, fundamentado en el principio ecológico del régimen natural y el gradiente de la condición biológica, que busca establecer un régimen para sostener a los ecosistemas, los usos del agua y las necesidades de almacenamiento a lo largo del año.

Las metodologías hidrológicas son las más simples, y en éstas se determina el caudal ecológico mediante el estudio de una serie de caudales históricos. Un ejemplo de las metodologías hidrológicas, en el que definen los caudales ecológicos como un porcentaje del caudal medio histórico, es la de Tennant o de Montana. Este tipo de metodologías tienen la ventaja de ser sencillas en su aplicación, lo que aunado a una relativa baja cantidad de información que requieren, permiten obtener resultados en el corto plazo. Además de estas metodologías, existen otras donde es necesario utilizar métodos más detallados como el Physical Habitat Simulation (PHABSIM) el cual consiste en un análisis más detallado de la cantidad y conveniencia del hábitat físico disponible para la biota a diferentes condiciones de flujo, vinculando información hidrológica, hidráulica y biológica, que requieren una cantidad de información considerablemente mayor, cantidad de tiempo y, en general, mayor cantidad de recursos. Por último las metodologías holísticas utilizadas en sitios con una alta variabilidad en el régimen de caudales, donde se han construido grandes presas, transformando así las características de la cuenca, las metodologías como Building Block Methodology (BBM) y Downstream Response to Imposed Flow Transformation (DRIFT) requiere de registros históricos de caudales, variables hidráulicas y modelos que relacionen el caudal con requerimientos de algunos componentes del ecosistema, además de información económica y social (APÉNDICES).

De esta manera se observa que la determinación del caudal ecológico se deberá aplicar a corrientes de cada cuenca hidrológica, y cuerpos de agua ya que se requieren para poder acotar la extracción de las aguas nacionales, establecer zonas de veda o declarar la reserva de agua, de tal manera que se puedan incorporar a la toma de decisiones para otorgar o negar concesiones y asignaciones de agua, así como permisos de descarga, dentro de los lineamientos que marque la Autoridad del Agua.

Por lo anterior, esta norma señala las metodologías correspondientes para la determinación de caudal ecológico, como una medida de regulación de la explotación, uso y conservación del agua para proteger los ecosistemas relacionados, con la finalidad de propiciar un desarrollo sustentable en las cuencas hidrológicas.

En los casos de que la corriente o cuerpo de agua se localice en cuencas sin disponibilidad o en veda, será posible determinar el caudal ecológico, sin embargo, no podrá ser otorgado administrativamente. Esta determinación permite identificar volúmenes concesionados o asignados a usuarios los cuales tienen una función ambiental indirecta cuando fluyen por el cauce.

1. Objetivo

La presente norma mexicana establece el procedimiento y especificaciones técnicas para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales en una cuenca hidrológica.

2. Campo de aplicación

Esta norma mexicana aplica a todos aquellos que realicen estudios para solicitar asignaciones, construir infraestructura, realizar trasvases entre cuencas, similares a Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

Así como para todas las corrientes o cuerpos de agua, cuyos acuerdos de disponibilidad del agua publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF), no consideren un caudal para la conservación de ecosistemas acuáticos.

3. Referencias

Para la correcta aplicación de esta norma mexicana se debe(n) consultar la(s) siguiente(s) norma(s) oficial(es) mexicana(s) y norma(s) mexicana(s) vigente(s) o la(s) que la(s) substituya(n):

NOM-011-CONAGUA-2000 Conservación del recurso agua – Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de abril de 2002.

NOM-059-SEMARNAT-2010 Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres- Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio- Lista de especies en riesgo, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de diciembre de 2010.

4. Definiciones

Para los propósitos de esta norma mexicana, aplican los términos y contenidos en las normas oficiales mexicanas NOM-011-CONAGUA-2000 y NOM-059-SEMARNAT-2010 vigentes y se establecen las siguientes:

4.1 **Afluente:** Tributario o corriente que vierte sus aguas a otro río, con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

4.2 **Alteración eco-hidrológica:** Modificación inducida de la calidad, cantidad y temporalidad de los regímenes hidrológicos causada por infraestructura hidráulica, carretera y urbana, principalmente, lo cual altera la provisión de servicios ambientales.

4.3 **Avenida:** Aumento repentino del volumen y velocidad de la corriente en un río debido a escurrimientos generados por la lluvia cíclica o extraordinaria, también se le conoce como crecida.

4.4 **Biótico:** Perteneciente a organismos vivos. Componente del ecosistema.

4.5 **Caudal:** Flujo volumétrico o volumen que pasa por unidad de tiempo. Para fines de esta norma flujo y gasto se consideran sinónimos de caudal.

4.6 **Caudal ecológico:** Es 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. Para los fines de esta norma caudal y flujo ambiental se consideran sinónimos de caudal ecológico.

4.7 **Caudal o escurrimiento medio anual:** Caudal promedio de los 365 días del año, calculado a partir de n número de registros diarios por varios años.

4.8 **Caudal ordinario estacional:** Caudal que pasa en condiciones ordinarias de estiaje y de lluvias por una sección determinada del cuerpo de agua, conforme a su rango natural de variabilidad y en un tiempo determinado.

4.9 **Corredores biológicos:** Son puentes entre reservas naturales que permiten el movimiento de especies, en particular de aquéllas con grandes requerimientos de espacio. Ayudan a conservar la estructura de los ecosistemas, proporcionan una serie de servicios ambientales.

4.10 **Ecosistemas riparios:** Se localizan en las márgenes de los ríos, arroyos y cuerpos de agua son corredores biológicos entre las zonas de cabeceras de las cuencas hídricas y el mar. Ofrecen diversos servicios ambientales como el filtrado de sedimentos y contaminantes que son arrastrados desde las partes altas de la cuenca por los ríos, mitigan el impacto de las inundaciones, son zonas productivas por la acumulación de nutriente y humedad y aumentan la conectividad e integridad de la cuenca pues favorecen a la dispersión y movilidad de las especies.

4.11 **Ecosistemas acuáticos epicontinentales:** Ecosistemas que tienen por biotopo algún cuerpo de agua continental, como pueden ser: ríos, lagos, pantanos, humedales, lagunas, estuarios.

4.12 **Integridad ecológica:** Se refiere a la intensidad de degradación de un ecosistema o de cierta área producida por actividades humanas, entre otras, y que tienen como consecuencia la pérdida o transformación de sus características estructurales y funcionales.

4.13 **Intra-anual:** Se refiere a las variaciones de los hidrogramas anuales que determinan años secos, promedios y húmedos (o lluviosos).

4.14 **Objetivo ambiental:** Estado ecológico que se pretende alcanzar dentro de la cuenca hidrológica para mantener la integridad de los ecosistemas actuales o, cuando se considere que éstos están degradados, el que contribuya a su recuperación o rehabilitación.

4.15 **Ripario:** Zona ribereña o riparia es la interfase entre la tierra, un río o arroyo. Hábitat de comunidades de flora y fauna a lo largo del río y los márgenes de los bancos. Generalmente la zona riparia incluye la zona federal.

4.16 **Régimen:** Variabilidad intra e inter anual que exhibe una tendencia de evolución natural del río o cuerpo de agua. No son evidentes alteraciones antropogénicas.

4.17 **Tasa de cambio:** Diferencia entre dos valores sucesivos en una serie hidrológica por unidad de tiempo, tanto para las condiciones de ascenso como de descenso de caudal.

5. Especificaciones

5.1 Generales.

5.1.1 Las especificaciones establecidas en esta norma mexicana se deberá aplicar en los estudios para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales a nivel de cuenca hidrológica. Las metodologías descritas en esta norma se han considerado como de requerimiento técnico mínimo y no excluye la aplicación de metodologías complementarias o alternas más precisas, cuando la información o los recursos disponibles así lo permitan, en cuyo caso la Comisión Nacional del Agua determinará cuáles son los resultados que prevalecen atendiendo al nivel de detalle de los estudios realizados y considerando los intereses de los usuarios determinará los resultados finales.

5.1.2 La determinación del régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua en cuencas hidrológicas, se podrán subdividir en función de la problemática regional que enfrente el uso del recurso, de la importancia de sus afluentes, acuíferos asociados, localización de los diferentes usuarios e información hidroclimatológica disponible.

5.2 Criterios y Metodologías para el cálculo de régimen de caudal ecológico.

5.2.1 Determinación de objetivos ambientales: Se establecen a partir de la importancia ecológica y la presión de usos del agua.

5.2.1.1 La categoría que prevalecerá será la asociada al criterio que represente la mayor relevancia.

TABLA 1. Importancia Ecológica.

	Aspectos bióticos	Aspectos de integridad ecológica	Alteración ecohidrológica
Muy Alta	Una o más especies endémicas en la región o que además tengan relevancia internacional, que se encuentran en algún estado de protección según la NOM¬059-SEMARNAT-2010 y/o en otros listados similares internacionales.	Hábitat único por su diversidad y funcionamiento, que mantienen su estructura natural e integridad ecológica asociada a los servicios ecosistémicos aportados y que están intactos. La zona de captación se conserva.	Nula o mínima. Se conserva el régimen natural.
Alta	Al menos una especie de relevancia regional o nacional bajo algún estado de protección en la NOM-059-SEMARNAT¬2010 o en listados similares internacionales.	Hábitat único por su diversidad y funcionamiento, en los que predomina su estructura natural y que básicamente conservan su integridad ecológica, y en consecuencia, los servicios ecosistémicos que aportan. La zona de captación se conserva.	Presencia mínima de infraestructura antropogénica (caminos, granjas, descargas domesticas de aguas residuales). Alteraciones moderadas al régimen natural.
Media	Presencia de poblaciones de diferentes especies, de relevancia regional por su aportación a servicios ecosistémicos o al desarrollo socioeconómico.	La zona de captación y el hábitat se encuentra moderadamente alterada. Conservan en alguna medida su funcionamiento, estructura y servicios básicos, a pesar de haber presentado cambios físicos.	Presencia evidente infraestructura antropogénica. Alteraciones evidentes y significativas, pero se mantienen ciertos componentes del régimen hidrológico.

Baja	Nula o muy baja presencia de especies nativas con presencia de especies exóticas.	Zona de captación sometida a fuerte presión por el agua y cambio de uso del suelo. Cauces invadidos, obstruidos, abandonados, modificados, canalizados o destruidos por actividades de extracción, cuyos cambios en casos extremos son irreversibles. Integridad ecológica completamente perdida y en ocasiones solo se conservan los servicios ambientales más básicos.	Alta presencia de infraestructura antropogénica. Régimen completamente alterado.

5.2.1.2 Presión por el uso del agua: Se determinará como la relación en porcentaje del volumen asignado más el concesionado entre la disponibilidad media anual por cuenca o acuífero, conforme a la información publicada por la Comisión Nacional del Agua. El nivel de la presión de uso se establecerá de acuerdo a los valores de la TABLA 2.

TABLA 2. Presión de uso.

Presión de uso	Muy Alta	Alta	Media	Baja
	≥ 80 %	≥ 40 %	≥ 11 %	≤ 10

5.2.1.3 Conforme a las reglas de decisión mostradas en la TABLA 3, se deberá asignar el objetivo ambiental que corresponda a la cuenca hidrológica de estudio.

TABLA 3. Matriz de objetivos ambientales

Importancia ecológica				
Muy alta	A	A	B	C
Alta	A	B	C	D
Media	B	C	C	D
Baja	B	C	D	D
	Baja	**Media**	**Alta**	**Muy alta**
	Presión de uso			

El listado de objetivos ambientales para cada cuenca hidrológica de México se muestra en el APÉNDICE NORMATIVO A.

El caudal ecológico deberá determinarse tomando como base el objetivo ambiental identificado mediante los objetivos establecidos en la TABLA 3, ya sea en corrientes superficiales, en cuerpos receptores de diversa índole, o como parte de la descarga natural de un acuífero, que deberá conservarse para proteger las condiciones ambientales y en equilibrio ecológico del sistema.

5.2.2 Para la determinación del régimen de caudal ecológico, cualquier metodología será válida si:

i) permite entender el significado ecológico de cada componente del régimen hidrológico natural y genera propuestas para su conservación o restablecimiento total o parcial, desde el punto de vista funcional;
ii) las propuestas consideran el intervalo natural de variabilidad hidrológica, tanto en las condiciones ordinarias como el régimen de perturbaciones; y
iii) reconoce que un ecosistema acuático modifica sus atributos como respuesta al aumento de los niveles de estrés, y por lo tanto, permiten ajustar las propuestas de caudales ecológicos a los objetivos ambientales o de conservación del río.

El resultado del caudal ecológico deberá ser congruente con los objetivos de conservación a partir de los cuales fueron identificadas como áreas prioritarias de conservación.

5.2.2.1 Metodologías hidrológicas: Proporcionan lineamientos para establecer un régimen como porcentaje del escurrimiento medio anual y que se asume mantendría los atributos biológicos en ciertos niveles de conservación.

Para un nivel básico de análisis adecuado para la planificación hídrica o para zonas de baja conflictividad por el uso del agua, se aplicarán metodologías hidrológicas reconocidas internacionalmente que permitan determinar un escurrimiento medio anual a partir del análisis del régimen natural (RN) y alterado (RNA) de las series hidrológicas históricas representativas. La metodología para determinar si un régimen hidrológico se encuentra en estado natural o alterado se establece en el APÉNDICE NORMATIVO B. La aplicación de metodologías hidrológicas deberá determinar el escurrimiento medio anual correspondiente al valor de referencia para el objetivo ambiental previamente definido.

En cuencas donde el régimen resultante de caudal ecológico represente un conflicto por operación de infraestructura, en donde bajo las condiciones actuales se puede conciliar un caudal ecológico determinado en cuanto a su valor medio anual, pero no en cuanto a régimen; o por volúmenes asignados, en donde no se puede cumplir con el valor de referencia para el objetivo ambiental asignado, la metodología hidrológica deberá analizar:

i. Régimen de caudales ordinarios estacionales para las condiciones hidrológicas húmedas, medias, secas y muy secas;

ii. Régimen de avenidas, considerando al menos tres categorías de avenidas (intraanuales, interanuales de baja magnitud e interanuales de media magnitud) con sus correspondientes atributos de magnitud, duración, frecuencia, momento de ocurrencia y tasa de cambio.

Mediante el análisis comparativo de las series hidrológicas en condiciones naturales con las series hidrológicas modificadas por la infraestructura presente en la unidad de estudio con conflictos por su operación. Este nivel de análisis deberá determinar el volumen final de caudal ecológico, considerando el valor de referencia para alcanzar el objetivo ambiental previamente definido.

En los APÉNDICES NORMATIVOS C y D se establecen metodologías hidrológicas con base en el uso de valores de referencia, así como para casos en donde se deberá determinar el régimen de caudales ordinarios estacionales y el régimen de avenidas.

5.2.2.2 Metodologías hidrobiológicas o de simulación de hábitat: Mediante modelos de Simulación de Hábitat (PHABSIM – Physical Habitat Simulation System) se proyecta el hábitat físico y sus cambios en función del caudal; así cuantifica las preferencias de hábitat de las especies, o de alguna en particular que generalmente es un pez, y se toma como objetivo, con base en variables hidráulicas que auxilian en la determinación de la conectividad de los ríos, sus inundaciones y capacidades de los cauces. Posteriormente se identifican caudales para todo el ciclo reproductivo de las especies seleccionadas que establecen un hábitat aceptable (escenarios) para la especie seleccionada o el objetivo ambiental deseado(APÉNDICE NORMATIVO E).

Estas metodologías se desarrollan en un tramo específico, cuya selección debe obedecer a su representatividad ecológica e hidrológica, su accesibilidad, disponibilidad de información, y su potencial de extrapolación a la cuenca o unidad de gestión.

5.2.2.3 Metodologías holísticas: En la actualidad son reconocidos por su versatilidad y como metodología para la integración de conocimiento con la finalidad de entender los procesos y funciones del régimen hidrológico y asociarlos con una propuesta de régimen de caudal ecológico. Las metodologías más conocidas Construcción por Bloques (BBM – Building Block Methodology) (King et al, 1998 y 2000), Respuesta a la del Flujo Aguas Abajo (DRIFT -Downstream Response to Impose Flow Transformation) (King et al, 2003), la de Condiciones de Referencia (Benchmarking) (Arthington et al, 1998 y 2006) y Límites Ecológicos de Alteración Hidrológica (ELOHA – Ecological Limits Of Hydrologic Alteration) (Apse et al, 2009).

La determinación del caudal ecológico por medio de alguna metodología holística debe generar propuestas fundamentadas atendiendo a las características particulares de las zonas estudiadas, en particular debe identificar el significado ecológico de los diferentes componentes del régimen hidrológico y su relación con la importancia ecológica y el impacto en los usos del agua. Los análisis realizados deben permitir la evaluación de escenarios de conservación o el riesgo presumible de diferentes alternativas de gestión del recurso hídrico, para los diferentes objetivos de ambientales.

La determinación del régimen de caudal ecológico mediante el uso de metodologías holísticas es recomendable para casos donde se requiere detallar propuestas de caudal ecológico dada la complejidad, dificultad o conflictividad social o ambiental, ocasionadas por:

- Conflictos potenciales entre los caudales ecológicos y el resto de usos del agua, en cantidad y estacionalidad;

- Áreas de interés prioritario para su conservación (Área Natural Protegida, sitios Ramsar, Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) y Sitios prioritarios para la conservación de la biodiversidad marina) donde los resultados de caudal ecológico previsiblemente causen un impacto sobre las mismas;

- En el caso de ecosistemas que por sus características funcionales no se aborde adecuadamente la determinación de los caudales ecológicos mediante metodologías hidrológicas o hidrobiológicas (lagos, estuarios, lagunas, marismas y otros humedales);

- Estudios de factibilidad para el desarrollo de proyectos;

- Sitios de referencia en las cuencas donde se pongan en práctica programas específicos de monitoreo o sirvan para desarrollar el conocimiento de la práctica de los caudales ecológicos.

La determinación del régimen de caudal ecológico mediante este tipo de metodologías deberán considerar las respuestas del ecosistema, procesos, hábitat y especies a los ciclos de vida del régimen natural. Para este análisis se requiere información actualizada mediante la participación de un grupo multidisciplinario de expertos que al menos abarque las siguientes áreas de conocimiento: hidrología, hidráulica, geomorfología, calidad del agua, hidrogeología, ecología acuática, vegetación riparia, peces, macroinvertebrados y aspectos socioeconómicos. La metodología y la descripción de la información mínima que debe generar y analizar cada una de las disciplinas involucradas se establece en el APÉNDICE NORMATIVO F.

La determinación de caudales para una cuenca se debe realizar a partir de sitios de referencia, de donde se generará la información para los análisis de cada área de conocimiento. Para validar la información recabada, los análisis y las recomendaciones de caudal ecológico, por cada cuenca se

identificará al menos un sitio de referencia en función de la extensión del cuerpo de agua, su diversidad biológica y los recursos disponibles. En situaciones de mayor conflicto deberán seleccionarse dos sitios.

Como resultado de esta metodología se deberá integrar una propuesta de caudales ecológicos, donde se identifique con base en la información aportada por las áreas de conocimiento, cada componente del régimen alterado, así como qué parte del mismo y en cuanto debe ser modificado para alcanzar el estado de conservación de las especies objetivo. La propuesta de caudales ecológicos deberá considerar un régimen para años secos y medios. Además, en caso de sistemas con presencia de infraestructura se deberán especificar las condiciones del régimen de avenidas y tasas de cambio.

Para la realización de un análisis más profundo en caso que exista un proyecto de infraestructura que represente impactos considerables o potencialmente irreversibles al régimen hidrológico asociados a su alteración, el grado de detalle que deberá alcanzar este tipo de metodologías deberá incluir:

- Modelación hidrológica;
- Métodos de simulación de hábitat;
- Modelación de escenarios de apoyo a la toma de decisiones (modelo hidrológico, ecológico y de la operación de infraestructura).

En casos de sistemas con presencia de proyectos de infraestructura, se deberá integrar una propuesta de caudales ecológicos para cada uno de los componentes del régimen actual con posibilidad de ser alterado, el cual identifique qué parte del régimen hidrológico y en qué cantidad se verá afectado, con base en la información aportada por las áreas de conocimiento y a sus modelos predictivos. Dicha propuesta deberá estar planteada para alcanzar un estado de conservación determinado para especies objetivos y la conectividad hídrica en la cuenca, aún y con la operación del posible proyecto de infraestructura se deberá considerar un régimen para años secos y medios. Además, deberá especificar las condiciones del régimen de avenidas y tasas de cambio.

5.2.2.4 La TABLA 4 muestra la comparación de metodologías, sus requerimientos, restricciones y recomendaciones de aplicación.

TABLA 4. Comparación de metodologías en el estudio de los caudales ecológicos. (A: nivel alto; M: nivel medio; B: nivel bajo). FUENTE: Original en King et al, 2000.

TIPO	COMPONENTES CONSIDERADOS	NECESIDAD DE DATOS	NIVEL DE EXPERIENCIA	COMPLEJIDAD	INTENSIDAD RECURSOS	RESOLUCION RESULTADOS	FLEXIBILIDAD	COSTO
Hidrológico	Todo el ecosistema- no específico	B-M (principalmente de gabinete) Registros históricos de caudales vírgenes o naturalizados Uso de datos ecológicos históricos	B-M Hidrológica Alguna experiencia en ecología	B-M	B-M	B-M	B-M	B
Hidráulico	Requerimientos hidráulicos genéricos del hábitat acuático para especies objetivo.	B-M (gabinete y campo) Registros históricos de caudales Variables de descarga hidráulica típicamente de secciones Variables hidráulicas relacionadas con las necesidades de hábitat-caudal a nivel genérico.	M Hidrológica Algo de modelización hidráulica Alguna experiencia en ecología	B-M	B-M	B-M	B-M	B-M
Simulación de hábitat	Principalmente hábitat para especies objetivo. Algunos consideran: Forma del canal, transporte sedimentos, calidad del agua, vegetación de ribera, fauna silvestre	M-A (gabinete y campo) Registros históricos de caudales Numerosas secciones transversales con múltiples variables hidráulicas Datos de idoneidad del hábitat para las especies objeto	M-A Hidrológica Nivel avanzado en modelización hidráulica y del hábitat. Especialista en ecología sobre necesidades físicas de especies objetivo.	M-A	M-A	M-A	M-A	M-A
Holístico	Todo el ecosistema, Algunos consideran: Acuíferos, zonas húmedas, estuarios, llanura de inundación, dependencia social del ecosistema, así como los componentes acuáticos y de la ribera	M-A (gabinete y campo) Registros de caudales Numerosas secciones transversales con múltiples variables hidráulicas. Datos biológicos sobre caudales y hábitat relacionados con todos los requerimientos de la biota y de los componentes del ecosistema	M-A Hidrológica Nivel avanzado en modelización hidráulica. Modelización del hábitat en algunos casos. Especialistas en todos los componentes del ecosistema. Alguna experiencia en requerimientos socio-económicos	M-A	M-A	M-A	A	M-A

5.3 Presentación del estudio

Para sistematizar los resultados de los estudios, la determinación del régimen de caudal ecológico en función de las estaciones hidrométricas en parte alta, media y baja de la cuenca, a la salida de las subcuencas, deberán contener la información mínima siguiente:

1. Descripción de la cuenca hidrológica.

2. Selección y características de la subcuenca.

3. Caudales ecológicos por cuenca. Anexos.

   a. Descripción de la metodología utilizada, justificación y determinación preliminar de caudales ecológicos;

   b. Sitios de referencia y propuesta de régimen de caudal ecológico.

4. Anexos. Fichas técnicas de cada sitio de referencia analizado.

APÉNDICE NORMATIVO A

OBJETIVOS AMBIENTALES PARA LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS DE MÉXICO

Aplicación El listado de objetivos ambientales para las cuencas hidrológicas de México se presenta como un instrumento para orientar la estimación de caudales ecológicos, y que concilia la importancia ecológica de una cuenca y su presión de uso. Este listado resulta de especial aplicación para metodologías hidrológicas y como punto de partida de evaluaciones hidrobiológicas y holísticas, en donde la complejidad del caso, o las condiciones de conflictividad requieran de una evaluación del objetivo ambiental más detallada.

A.1 Insumos considerados.

Para calificar las cuencas hidrológicas en términos de su importancia ecológica y la presión de uso por el agua presente en cada una, se consideraron los siguientes criterios:

- Presencia de Áreas Naturales Protegidas (federales, estatales, municipales y certificadas);
- Presencia de humedales de importancia internacional (Convención de Ramsar);
- Presencia de sitios prioritarios para la conservación de los ecosistemas acuáticos epicontinentales (CONABIO-CONANP, 2010);
- Presión de uso para aguas superficiales y subterráneas (esta última para el caso de la Península de Yucatán) conforme a las disponibilidades publicadas en el Diario Oficial de la Federación.

Adicionalmente, se analizó la congruencia de estos criterios con el grado de alteración ecohidrológica potencial de los ríos y corrientes superficiales de México (Garrido et al. 2010).

A.2 Listado de las cuencas hidrológicas y objetivos ambientales.

En la TABLA A.1 se presenta el resultado de esta calificación.

---

[1] Estas cuencas hidrológicas se refieren a las unidades de gestión de aguas superficiales que cuentan con disponibilidad oficial de agua publicada en el Diario Oficial de la Federación, por la CONAGUA.

Tabla A.1. Cuencas hidrológicas, importancia ecológica, presión de uso, estado de conservación deseado y objetivo ambiental

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
1	Baja California Noroeste	Tijuana	Baja	Muy alta	Deficiente	D
1	Baja California Noroeste	Descanso - Los Medanos	Baja	Baja	Bueno	B
1	Baja California Noroeste	Guadalupe	Alta	Muy alta	Deficiente	D
1	Baja California Noroeste	Ensenada-El Gallo	Media	Media	Moderado	C
1	Baja California Noroeste	San Carlos	Media	Baja	Bueno	B
1	Baja California Noroeste	Maneadero - Las Animas	Media	Baja	Bueno	B
1	Baja California Noroeste	Santo Tomás	Baja	Baja	Bueno	B
1	Baja California Noroeste	San Vicente	Baja	Baja	Bueno	B
1	Baja California Noroeste	Los Cochis-El Salado	Media	Baja	Bueno	B
1	Baja California Noroeste	San Rafael	Media	Baja	Bueno	B
1	Baja California Noroeste	San Telmo	Media	Alta	Moderado	C
1	Baja California Noroeste	Santo Domingo	Media	Media	Moderado	C
1	Baja California Noroeste	San Quintin	Media	Baja	Bueno	B
1	Baja California Noroeste	San Simón	Alta	Baja	Muy bueno	A
1	Baja California Noroeste	El Socorro	Baja	Baja	Bueno	B
1	Baja California Noroeste	El Rosario	Alta	Baja	Muy bueno	A
2	Baja California Centro-Oeste	Santa Catarina	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	La Bocana	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	Jaraguay	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	San José	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	Chapala	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	Boca del Carrizo	Media	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
2	Baja California Centro-Oeste	San Andrés	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	Santo Dominguito	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	Rosarito	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	San Miguel	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	Paraíso	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	San Luis	Alta	Baja	Muy bueno	A
2	Baja California Centro-Oeste	El Arco	Alta	Baja	Muy bueno	A
2	Baja California Centro-Oeste	Vizcaíno	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
2	Baja California Centro-Oeste	Punta Eugenia	Media	Baja	Bueno	B
2	Baja California Centro-Oeste	San Ignacio	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
3	Baja California Suroeste	Mezquital Seco	Alta	Baja	Muy bueno	A
3	Baja California Suroeste	Santo Domingo	Alta	Baja	Muy bueno	A
3	Baja California Suroeste	Bramonas	Media	Baja	Bueno	B
3	Baja California Suroeste	La Purísima	Media	Media	Moderado	C
3	Baja California Suroeste	Santa Rita	Alta	Baja	Muy bueno	A
3	Baja California Suroeste	Las Pocitas - San Hilario	Alta	Baja	Muy bueno	A
3	Baja California Suroeste	Conejos-Los Viejos	Baja	Baja	Bueno	B
3	Baja California Suroeste	Melitón Albañez	Baja	Baja	Bueno	B
3	Baja California Suroeste	La Matanza	Media	Baja	Bueno	B
3	Baja California Suroeste	Cañada Honda	Baja	Baja	Bueno	B
3	Baja California Suroeste	Pescaderos	Alta	Baja	Muy bueno	A
3	Baja California Suroeste	Plutarco E Calles	Media	Baja	Bueno	B
3	Baja California Suroeste	Migriño	Media	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
3	Baja California Suroeste	El Carrizal	Media	Baja	Bueno	B
3	Baja California Suroeste	Todos Santos	Media	Muy alta	Deficiente	D
4	Baja California Noreste	Cerrada Laguna Salada	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
4	Baja California Noreste	El Borrego	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
4	Baja California Noreste	Cerrada Santa Clara	Media	Baja	Bueno	B
4	Baja California Noreste	Bahía San Felipe	Media	Baja	Bueno	B
4	Baja California Noreste	Huatamote	Media	Baja	Bueno	B
4	Baja California Noreste	San Fermín	Baja	Baja	Bueno	B
4	Baja California Noreste	Agua Dulce	Media	Baja	Bueno	B
4	Baja California Noreste	Agua Grande	Baja	Baja	Bueno	B
5	Baja California Centro-Este	La Palma	Media	Baja	Bueno	B
5	Baja California Centro-Este	Calamajue	Media	Baja	Bueno	B
5	Baja California Centro-Este	Asamblea	Alta	Baja	Muy bueno	A
5	Baja California Centro-Este	Tepetate	Alta	Baja	Muy bueno	A
5	Baja California Centro-Este	San Pedro	Alta	Baja	Muy bueno	A
5	Baja California Centro-Este	Alambrado	Alta	Baja	Muy bueno	A
5	Baja California Centro-Este	El Infiernito	Media	Baja	Bueno	B
5	Baja California Centro-Este	Mulege	Media	Baja	Bueno	B
5	Baja California Centro-Este	San Marcos - Palo Verde	Media	Alta	Moderado	C
5	Baja California Centro-Este	San Bruno	Baja	Baja	Bueno	B
5	Baja California Centro-Este	San Lucas	Media	Baja	Bueno	B
5	Baja California Centro-Este	Santa Agueda	Media	Muy alta	Deficiente	D
5	Baja California Centro-Este	Santa Rosalia	Media	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
5	Baja California Centro-Este	Las Vírgenes	Media	Baja	Bueno	B
5	Baja California Centro-Este	Paralelo 28	Media	Baja	Bueno	B
6	Baja California Sureste	San Lucas	Alta	Baja	Muy bueno	A
6	Baja California Sureste	San José del Cabo	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
6	Baja California Sureste	Cabo Pulmo	Alta	Baja	Muy bueno	A
6	Baja California Sureste	Santiago	Alta	Baja	Muy bueno	A
6	Baja California Sureste	San Bartolo	Media	Baja	Bueno	B
6	Baja California Sureste	Los Planes	Media	Baja	Bueno	B
6	Baja California Sureste	La Paz	Media	Media	Moderado	C
6	Baja California Sureste	El Coyote	Media	Baja	Bueno	B
6	Baja California Sureste	Alfredo B Bonfil	Media	Baja	Bueno	B
6	Baja California Sureste	Tepentu	Media	Baja	Bueno	B
6	Baja California Sureste	Loreto	Alta	Baja	Muy bueno	A
6	Baja California Sureste	San Juan B Londo	Alta	Baja	Muy bueno	A
6	Baja California Sureste	Rosarito	Media	Baja	Bueno	B
6	Baja California Sureste	Bahía Concepción	Media	Baja	Bueno	B
7	Río Colorado	Río Colorado	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
8	Sonora Norte	Arroyo Cocospera	Alta	Muy alta	Deficiente	D
8	Sonora Norte	Río Concepción	Media	Muy alta	Deficiente	D
8	Sonora Norte	Río Magdalena	Media	Muy alta	Deficiente	D
8	Sonora Norte	Río Sonoyta 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
8	Sonora Norte	Río Sonoyta 2	Media	Muy alta	Deficiente	D
9	Sonora Sur	Río Bavispe	Muy alta	Muy alta	Moderado	C

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
9	Sonora Sur	Río Yaqui 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
9	Sonora Sur	Río Yaqui 2	Media	Muy alta	Deficiente	D
9	Sonora Sur	Río Yaqui 3	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
9	Sonora Sur	Río Mayo 1	Media	Baja	Bueno	B
9	Sonora Sur	Arroyo Quiriego	Media	Baja	Bueno	B
9	Sonora Sur	Río Mayo 2	Media	Muy alta	Deficiente	D
9	Sonora Sur	Río Mayo 3	Alta	Muy alta	Deficiente	D
9	Sonora Sur	Río Mátape 1	Media	Media	Moderado	C
9	Sonora Sur	Río Mátape 2	Muy alta	Alta	Bueno	B
9	Sonora Sur	Arroyo Cocoraque 1	Baja	Media	Moderado	C
9	Sonora Sur	Arroyo Cocoraque 2	Media	Baja	Bueno	B
9	Sonora Sur	Río Sonora 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
9	Sonora Sur	Río San Miguel	Media	Muy alta	Deficiente	D
9	Sonora Sur	Río Sonora 2	Alta	Muy alta	Deficiente	D
9	Sonora Sur	Río Sonora 3	Alta	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río Fuerte 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Arroyo Alamos	Alta	Baja	Muy bueno	A
10	Sinaloa	Río Fuerte 2	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
10	Sinaloa	Río Choix	Baja	Baja	Bueno	B
10	Sinaloa	Arroyo Ocoroni	Baja	Alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río Sinaloa 1	Media	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río Sinaloa 2	Alta	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Arroyo Cabrera	Baja	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
10	Sinaloa	Río Mocorito 1	Media	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río Mocorito 2	Media	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río Culiacán	Alta	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río Humaya	Media	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río Tamazula	Baja	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río San Lorenzo 1	Alta	Media	Bueno	B
10	Sinaloa	Río San Lorenzo 2	Media	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río Habitas	Alta	Alta	Moderado	C
10	Sinaloa	Río Piaxtla 1	Media	Baja	Bueno	B
10	Sinaloa	Río Piaxtla 2	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
10	Sinaloa	Río Elota	Alta	Muy alta	Deficiente	D
10	Sinaloa	Río Quelite 1	Baja	Baja	Bueno	B
10	Sinaloa	Río Quelite 2	Alta	Baja	Muy bueno	A
10	Sinaloa	Río Pericos 2	Media	Baja	Bueno	B
10	Sinaloa	Río Pericos 1	Baja	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Laguna de Santi-aguillo	Media	Muy alta	Deficiente	D
11	Presidio-San Pedro	Río La Sauceda	Media	Muy alta	Deficiente	D
11	Presidio-San Pedro	La Tapona	Media	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Río Durango	Alta	Alta	Moderado	C
11	Presidio-San Pedro	Río El Tunal	Media	Media	Moderado	C
11	Presidio-San Pedro	Río Presidio 1	Media	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Río Poanas	Media	Muy alta	Deficiente	D
11	Presidio-San Pedro	Río San Pedro-Mezquital	Alta	Baja	Muy bueno	A

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
11	Presidio-San Pedro	Río Santiago Baya-cora	Media	Muy alta	Deficiente	D
11	Presidio-San Pedro	Río Acaponeta 1	Alta	Baja	Muy bueno	A
11	Presidio-San Pedro	Río Graseros	Media	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Río Baluarte 1	Media	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Río Suchil	Media	Alta	Moderado	C
11	Presidio-San Pedro	Río Presidio 2	Media	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Río Baluarte 2	Alta	Baja	Muy bueno	A
11	Presidio-San Pedro	Río Cañas 1	Media	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Río Cañas 2	Media	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Río Acaponeta 2	Alta	Baja	Muy bueno	A
11	Presidio-San Pedro	Río San Pedro-Desembocadura	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
11	Presidio-San Pedro	Rosa Morada 1	Baja	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Río Bejuco 1	Media	Baja	Bueno	B
11	Presidio-San Pedro	Rosa Morada 2	Alta	Baja	Muy bueno	A
11	Presidio-San Pedro	Río Bejuco 2	Baja	Baja	Bueno	B
12	Lerma-Chapala	Lago de Pátzcuaro	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río San Pedro	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Presa Calles	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Presa El Niágara	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Presa El Cuarenta	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río de Lagos	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Presa Ajojucar	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Grande	Baja	Muy alta	Deficiente	D

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
12	Lerma-Santiago	Río Aguascalientes	Baja	Alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río San Miguel	Baja	Alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río del Valle	Baja	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Verde 1	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Verde 2	Media	Media	Moderado	C
12	Lerma-Santiago	Río Palomas	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Juchipila 1	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Juchipila 3	Media	Baja	Bueno	B
12	Lerma-Santiago	Río Encarnación	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Tlaltenango	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Bolaños 2	Media	Baja	Bueno	B
12	Lerma-Santiago	Río San Juan	Alta	Baja	Muy bueno	A
12	Lerma-Santiago	Río Atengo	Alta	Baja	Muy bueno	A
12	Lerma-Santiago	Río Santiago 5	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
12	Lerma-Santiago	Río Santiago 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Jesús María	Alta	Baja	Muy bueno	A
12	Lerma-Santiago	Río Huaynamota	Alta	Baja	Muy bueno	A
12	Lerma-Santiago	Río Santiago 3	Alta	Baja	Muy bueno	A
12	Lerma-Santiago	Río Santiago 4	Alta	Baja	Muy bueno	A
12	Lerma-Santiago	Río Santiago 2	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Presa Santa Rosa	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Bolaños 1	Alta	Media	Bueno	B
12	Lerma-Santiago	Arroyo Lobatos	Media	Alta	Moderado	C

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
12	Lerma-Santiago	Río Tepetongo	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Presa El Chique	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Río Juchipila 2	Alta	Media	Bueno	B
12	Lerma-Santiago	Laguna de Zapotlán	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Lerma 1	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
12	Lerma-Chapala	Río La Gavia	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río La Laja 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Lerma 5	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Turbio	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Querétaro	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Zula	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río La Laja 2	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Lerma 7	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Lerma 4	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Lerma 6	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Laguna de Yuríria	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Lerma 3	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Lerma 2	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Angulo	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Duero	Alta	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Río Jaltepec	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Chapala	Lago de Cuitzeo	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
12	Lerma-Santiago	Laguna San Marcos-Zacoalco	Baja	Muy alta	Deficiente	D

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
12	Lerma-Santiago	Laguna Villa Corona A	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Laguna Villa Corona B	Media	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Laguna de Sayula A	Baja	Muy alta	Deficiente	D
12	Lerma-Santiago	Laguna de Sayula B	Alta	Muy alta	Deficiente	D
13	Río Huicicila	Pitillal	Media	Baja	Bueno	B
13	Río Huicicila	Cuale	Baja	Baja	Bueno	B
13	Río Huicicila	San Blas	Muy alta	Media	Muy bueno	A
13	Río Huicicila	Ixtapa	Media	Media	Moderado	C
13	Río Huicicila	Huicicila	Alta	Baja	Muy bueno	A
13	Río Huicicila	Tecomala	Media	Baja	Bueno	B
14	Río Ameca	Ahuacatlán	Media	Media	Moderado	C
14	Río Ameca	Ameca Ixtapa A	Alta	Baja	Muy bueno	A
14	Río Ameca	Salado	Muy alta	Media	Muy bueno	A
14	Río Ameca	Ameca Pijinto	Alta	Baja	Muy bueno	A
14	Río Ameca	Cocula	Alta	Media	Bueno	B
14	Río Ameca	Talpa	Baja	Baja	Bueno	B
14	Río Ameca	Atenguillo	Alta	Baja	Muy bueno	A
14	Río Ameca	Mascota	Alta	Baja	Muy bueno	A
14	Río Ameca	Ameca Ixtapa B	Media	Baja	Bueno	B
15	Costa de Jalisco	Río Purificación	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
15	Costa de Jalisco	Río María García	Media	Muy alta	Deficiente	D
15	Costa de Jalisco	Río Marabasco B	Media	Muy alta	Deficiente	D
15	Costa de Jalisco	Río Marabasco A	Muy alta	Media	Muy bueno	A

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
15	Costa de Jalisco	Río Cuitzmala	Alta	Baja	Muy bueno	A
15	Costa de Jalisco	Río Tecolotán	Media	Baja	Bueno	B
15	Costa de Jalisco	Río Ipala	Alta	Baja	Muy bueno	A
15	Costa de Jalisco	Río San Nicolas B	Alta	Baja	Muy bueno	A
15	Costa de Jalisco	Río San Nicolas A	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
15	Costa de Jalisco	Río Tomatlán A	Media	Alta	Moderado	C
15	Costa de Jalisco	Río Tomatlán B	Alta	Alta	Moderado	C
16	Armaría-Coahuayana	Tacotan	Alta	Muy alta	Deficiente	D
16	Armaría-Coahuayana	Canoas	Media	Alta	Moderado	C
16	Armaría-Coahuayana	El Rosario	Alta	Alta	Moderado	C
16	Armaría-Coahuayana	Corcovado	Alta	Muy alta	Deficiente	D
16	Armaría-Coahuayana	Las Piedras	Alta	Muy alta	Deficiente	D
16	Armaría-Coahuayana	Armería	Alta	Muy alta	Deficiente	D
16	Armaría-Coahuayana	Coahuayana-Jalisco	Alta	Baja	Muy bueno	A
16	Armaría-Coahuayana	Coahuayana-Colima	Alta	Media	Bueno	B
16	Armaría-Coahuayana	Coahuayana - Michoacán	Alta	Muy alta	Deficiente	D
16	Armaría-Coahuayana	Quito	Media	Media	Moderado	C
17	Costa de Michoacán	Ríos Aquila-ostuta	Alta	Baja	Muy bueno	A
17	Costa de Michoacán	Ríos Marmeyera-Tupitina	Alta	Baja	Muy bueno	A
17	Costa de Michoacán	Río Coalcomán	Alta	Baja	Muy bueno	A
17	Costa de Michoacán	Río Nexpa	Media	Baja	Bueno	B
17	Costa de Michoacán	Río Acapilcan	Media	Baja	Bueno	B
17	Costa de Michoacán	Río Chula	Media	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
18	Balsas	Río Bajo Balsas	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
18	Balsas	Río Tepalcatepec	Alta	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Paracho - Nahuatzen	Media	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Cupatitzio	Alta	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Tacámbaro	Alta	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Zirahuen	Baja	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Cutzamala	Alta	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Medio Balsas	Alta	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Amacuzac	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
18	Balsas	Río Bajo Atoyac	Alta	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Nexapa	Alta	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Alto Atoyac	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
18	Balsas	Río Libres Oriental	Alta	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Mixteco	Alta	Muy alta	Deficiente	D
18	Balsas	Río Tlapaneco	Alta	Muy alta	Deficiente	D
19	Costa Grande de Guerrero	Río Cofradía	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Pontla	Media	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Laguna de Coyuca	Media	Media	Moderado	C
19	Costa Grande de Guerrero	Río Ixtapa 1	Media	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Ixtapa 2	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río San Jeronimito	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Petatlán 1	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Tule	Baja	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
19	Costa Grande de Guerrero	Río Petatlán 2	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Zihuatanejo	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Coyuquilla 2	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Coyuquilla 1	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río San Luis 1	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Tecpan 2	Media	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Tecpan 1	Alta	Baja	Muy bueno	A
19	Costa Grande de Guerrero	Río El Tular	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Atoyac 1	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río La Sabana 1	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río La Sabana 2	Media	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Porvenir	Media	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río San Luis 2	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Laguna de Nuxco	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Atoyac 2	Media	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Coyuca 1	Media	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río Coyuca 2	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Arroyo Cacaluta	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río La Unión 1	Baja	Baja	Bueno	B
19	Costa Grande de Guerrero	Río La Unión 2	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Petaquillas	Baja	Muy alta	Deficiente	D
20	Costa Chica de Guerrero	Río Papagayo 3	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Papagayo 4	Baja	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
20	Costa Chica de Guerrero	Río Cortés	Baja	Muy alta	Deficiente	D
20	Costa Chica de Guerrero	Río Nexpa 1	Baja	Media	Moderado	C
20	Costa Chica de Guerrero	Río Nexpa 2	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Copala	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Omitlán	Media	Alta	Moderado	C
20	Costa Chica de Guerrero	Río Quetzala	Alta	Baja	Muy bueno	A
20	Costa Chica de Guerrero	Río Atoyac - Tlapacoyan	Alta	Media	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Atoyac-Salado	Alta	Media	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Verde	Alta	Baja	Muy bueno	A
20	Costa Chica de Guerrero	Río Atoyac - Paso de la Reina	Media	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río La Arena 2	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río La Arena 1	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Sordo-Yolotepec	Alta	Baja	Muy bueno	A
20	Costa Chica de Guerrero	Río Papagayo 1	Alta	Baja	Muy bueno	A
20	Costa Chica de Guerrero	Río Papagayo 2	Baja	Alta	Deficiente	D
20	Costa Chica de Guerrero	Río Cortijos 1	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Ometepec 3	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Cortijos 4	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Ometepec 2	Baja	Media	Moderado	C
20	Costa Chica de Guerrero	Río Ometepec 4	Alta	Baja	Muy bueno	A
20	Costa Chica de Guerrero	Río Cortijos 3	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Cortijos 2	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Sta Catarina	Media	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
20	Costa Chica de Guerrero	Río Infiernillo	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Ometepec 1	Media	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Marquelia 1	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río Marquelia 2	Baja	Baja	Bueno	B
20	Costa Chica de Guerrero	Río La Arena 3	Alta	Baja	Muy bueno	A
20	Costa Chica de Guerrero	Laguna de Corralero	Media	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río San Francisco	Alta	Baja	Muy bueno	A
21	Costa de Oaxaca	Río Grande	Baja	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Minialtepec	Baja	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Colotepec 1	Media	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Colotepec 2	Baja	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Cozoaltepec 2	Media	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Cozoaltepec 1	Baja	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Tonameca 2	Media	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Tonameca 1	Media	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Coyula	Alta	Baja	Muy bueno	A
21	Costa de Oaxaca	Río Copalita 1	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
21	Costa de Oaxaca	Río Copalita 2	Alta	Baja	Muy bueno	A
21	Costa de Oaxaca	Río Zimatán 1	Baja	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Zimatán 2	Alta	Baja	Muy bueno	A
21	Costa de Oaxaca	Río Ayuta 1	Media	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Ayuta 2	Media	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Astata 1	Baja	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
21	Costa de Oaxaca	Río Mazatán	Media	Baja	Bueno	B
21	Costa de Oaxaca	Río Astata 2	Baja	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Los Perros 1	Media	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Espíritu Santo 1	Media	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Niltepec 1	Baja	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Ostuta 1	Baja	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Zanatepec	Baja	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Ostuta 2	Baja	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Niltepec 2	Baja	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Cazadero	Baja	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Espíritu Santo 2	Media	Media	Moderado	C
22	Tehuantepec	Río Estancado	Media	Baja	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Los Perros 2	Baja	Alta	Deficiente	D
22	Tehuantepec	Río San Antonio	Media	Muy alta	Deficiente	D
22	Tehuantepec	Río Tequisistlán	Alta	Media	Bueno	B
22	Tehuantepec	Río Tehuantepec 2	Baja	Muy alta	Deficiente	D
22	Tehuantepec	Río Tehuantepec 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
23	Costa de Chiapas	La Punta	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Puerto Madero	Alta	Media	Bueno	B
23	Costa de Chiapas	Cozoloapan	Alta	Media	Bueno	B
23	Costa de Chiapas	Laguna Mar Muerto A	Media	Baja	Bueno	B
23	Costa de Chiapas	Laguna del Viejo y Temblader	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Tapanatepec	Media	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
23	Costa de Chiapas	Laguna Mar Muerto B	Media	Baja	Bueno	B
23	Costa de Chiapas	Las Arenas	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	El Porvenir	Media	Baja	Bueno	B
23	Costa de Chiapas	San Diego	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Margaritas y Coapa	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Novillero Alto	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Cacaluta	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Despoblado	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Huixtla	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Huehuetán	Alta	Media	Bueno	B
23	Costa de Chiapas	Cahuacán	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Coatán	Alta	Media	Bueno	B
23	Costa de Chiapas	Pijijiapan	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Sesecapa	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Suchiate	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Sanatenco	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Laguna Mar Muerto C	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Laguna de la Joya	Alta	Baja	Muy bueno	A
23	Costa de Chiapas	Jesús	Alta	Baja	Muy bueno	A
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 13	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 11	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Florido 1	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Florido 2	Media	Muy alta	Deficiente	D

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
24	Bravo-Conchos	Río Balleza	Baja	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Florido 3	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Parral	Baja	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Conchos 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Conchos 2	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Conchos 3	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Conchos 4	Baja	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río San Pedro	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Chuviscar	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 3	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 4	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 5	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 6	Baja	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Arroyo de las Vacas	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río San Diego	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 7	Baja	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río San Rodrigo	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 8	Baja	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Escondido	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 9	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 10	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Sabinas	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
24	Bravo-Conchos	Río San Juan 2	Alta	Muy alta	Deficiente	D

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
24	Bravo-Conchos	Río San Juan 3	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Nadadores	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
24	Bravo-Conchos	Río Bravo 12	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Álamo	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Salado	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
24	Bravo-Conchos	Río Pesquería	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río San Juan 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Río Salinas	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Bravo 1	Media	Muy alta	Deficiente	D
24	Bravo-Conchos	Bravo 2	Baja	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Soto La Marina 2	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Soto La Marina 1	Media	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Soto La Marina 3	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Palmas	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río San Lorenzo	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río San Fernando 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Conchos	Media	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Arroyo Burgos	Baja	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Potosí 1	Alta	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Potosí 2	Baja	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río San Fernando 2	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Pablillo 2	Baja	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Arroyo Los Anegados o Conchos	Media	Muy alta	Deficiente	D

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Camacho	Baja	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Pablillo 1	Media	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Arroyo Chorreras o Las Norias	Baja	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Laguna Madre Norte	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
25	San Fernando - Soto La Marina	Arroyos Chapote-Temascal	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Arroyos La Misión-Santa Rosa	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Arroyos Olivares-Paxtle	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Arroyos Calanche-Venados	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Barra Jesús María	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
25	San Fernando - Soto La Marina	Laguna Morales	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Tepehuajes	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río San Rafael 1	Baja	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río San Rafael 2	Baja	Media	Moderado	C
25	San Fernando - Soto La Marina	Barra Carrizos	Alta	Baja	Muy bueno	A
25	San Fernando - Soto La Marina	Barra de San Vicente	Baja	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río San Rafael 3	Baja	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Barberena 1	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Tigre 1	Baja	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Tigre 2	Baja	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Barberena 2	Baja	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Laguna Las Marismas	Baja	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Barra de Ostiones	Media	Baja	Bueno	B
25	San Fernando - Soto La Marina	Laguna de San Andrés	Baja	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
25	San Fernando - Soto La Marina	Río San Marcos y arroyos San Carlos, Las Puentes, Sarnoso y El Moro	Alta	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Pilón 1	Baja	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Pilón 2	Media	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Blanco	Media	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río San Antonio	Baja	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Purificación 1	Baja	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Purificación 2	Baja	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Río Corona	Media	Muy alta	Deficiente	D
25	San Fernando - Soto La Marina	Arroyo Grande	Baja	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Moctezuma 1	Media	Alta	Moderado	C
26	Pánuco	Embalse Zimapán	Baja	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Jaumave-Chihue	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Sabinas	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Guayalejo 3	Alta	Alta	Moderado	C
26	Pánuco	Río Comandante 1	Alta	Media	Bueno	B
26	Pánuco	Arroyo el Cojo	Media	Media	Moderado	C
26	Pánuco	Río Guayalejo 4	Alta	Alta	Moderado	C
26	Pánuco	Río Comandante 2	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Valles	Alta	Alta	Moderado	C
26	Pánuco	Río El Salto	Alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Río Verde 2	Alta	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Mante	Baja	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
26	Pánuco	Río Tamesí	Alta	Media	Bueno	B
26	Pánuco	Río Tantoán	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Verde 1	Alta	Alta	Moderado	C
26	Pánuco	Río Gallinas	Baja	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Verde 3	Alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Río Pánuco 2	Alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Ríos Moctezuma 5	Alta	Media	Bueno	B
26	Pánuco	Río Pánuco 1	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Tampaón 1	Alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Arroyo Tamacuil o La Llave	Baja	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Arroyo Altamira	Alta	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Chicayán 2	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Choy	Baja	Media	Moderado	C
26	Pánuco	Río Tamasopo 2	Baja	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Tamasopo 1	Baja	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Tampaón 2	Baja	Media	Moderado	C
26	Pánuco	Río Santa María 1	Alta	Media	Bueno	B
26	Pánuco	Río Santa María 2	Alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Río Moctezuma 4	Baja	Media	Moderado	C
26	Pánuco	Río Santa María 3	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Río Coy 2	Baja	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Arroyo El Puerquito o San Bartolo	Alta	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Coy 1	Baja	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
26	Pánuco	Río Moctezuma 3	Alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Río Chicayán 1	Alta	Alta	Moderado	C
26	Pánuco	Río Huichihuayán	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Tempoal 2	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río San Pedro	Baja	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Tancuilín	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Tempoal 1	Media	Media	Moderado	C
26	Pánuco	Río Victoria	Media	Media	Moderado	C
26	Pánuco	Río Moctezuma 2	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Claro	Alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Río Amajac	Baja	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Extoraz	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Los Hules	Alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Río Calabozo	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Tolimán	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río San Juan 2	Baja	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río San Juan 1	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Amajaque	Media	Media	Moderado	C
26	Pánuco	Río Metztitlán 2	Alta	Alta	Moderado	C
26	Pánuco	Río Tecozautla	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Metzquititlán	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Río Metztitlán 1	Alta	Alta	Moderado	C
26	Pánuco	Arroyo Zarco	Media	Muy alta	Deficiente	D

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
26	Pánuco	Río Grande de Tulancingo	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Guayalejo 2	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Rio Guayalejo 1	Media	Baja	Bueno	B
26	Pánuco	Xochimilco	Alta	Baja	Muy bueno	A
26	Pánuco	Río La Compañía	Alta	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Tochac-Tecocomulco	Alta	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Texcoco	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Ciudad de México	Alta	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Tula	Baja	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Actopan	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Alfajayucan	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río de las Avenidas de Pachuca	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Presa Endho	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Cuautitlán	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Salado	Media	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Presa Requena	Alta	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Galindo	Baja	Muy alta	Deficiente	D
26	Pánuco	Río Ñado	Media	Muy alta	Deficiente	D
27	Norte de Veracruz	Río Tuxpan	Muy alta	Media	Muy bueno	A
27	Norte de Veracruz	Llanuras de Tuxpan	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
27	Norte de Veracruz	Río Cazones	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
27	Norte de Veracruz	Río Tecolutla	Muy alta	Media	Muy bueno	A
27	Norte de Veracruz	Río Nautla	Alta	Media	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
27	Norte de Veracruz	Río Misantla	Baja	Baja	Bueno	B
27	Norte de Veracruz	Río Colipa	Baja	Baja	Bueno	B
27	Norte de Veracruz	Río Cucharas	Media	Baja	Bueno	B
27	Norte de Veracruz	Río Tancochín	Media	Baja	Bueno	B
27	Norte de Veracruz	Arroyo La Piedra o La Laja	Baja	Baja	Bueno	B
27	Norte de Veracruz	Arroyo Carbajal	Alta	Baja	Muy bueno	A
27	Norte de Veracruz	Estero Galindo	Media	Baja	Bueno	B
28	Papaloapan	Llanuras de Actopan	Media	Baja	Bueno	B
28	Papaloapan	Río La Antigua	Muy alta	Media	Muy bueno	A
28	Papaloapan	Río Actopan	Alta	Alta	Moderado	C
28	Papaloapan	Río Jamapa-Cotaxtla	Alta	Baja	Muy bueno	A
28	Papaloapan	Río Jamapa	Alta	Muy alta	Deficiente	D
28	Papaloapan	Río Cotaxtla	Alta	Media	Bueno	B
28	Papaloapan	Río Blanco	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
28	Papaloapan	Río Salado	Alta	Alta	Moderado	C
28	Papaloapan	Río Tonto	Alta	Muy alta	Deficiente	D
28	Papaloapan	Río Papaloapan	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
28	Papaloapan	Río Valle Nacional	Alta	Baja	Muy bueno	A
28	Papaloapan	Río Grande	Alta	Baja	Muy bueno	A
28	Papaloapan	Río Santo Domingo	Alta	Muy alta	Deficiente	D
28	Papaloapan	Río Playa Vicente	Alta	Baja	Muy bueno	A
28	Papaloapan	Río Tesechoacán	Alta	Baja	Muy bueno	A
28	Papaloapan	Río Trinidad	Media	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
28	Papaloapan	Río San Juan	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
28	Papaloapan	Llanuras de Papaloapan	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
29	Coatzacoalcos	Llanuras del Coatzacoalcos	Media	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Río Huazuntlán	Alta	Baja	Muy bueno	A
29	Coatzacoalcos	Bajo Río Uxpanapa	Media	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Bajo Río Coatzacoalcos	Media	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Alto Río Uxpanapa	Media	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Alto Río Coatzacoalcos	Alta	Baja	Muy bueno	A
29	Coatzacoalcos	Coacajapa	Media	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Zanapa	Baja	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Tancochapa Alto	Baja	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Santa Anita	Baja	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Tonalá	Media	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Tancochapa Bajo	Baja	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Poza Crispín	Media	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Laguna Machona	Baja	Baja	Bueno	B
29	Coatzacoalcos	Laguna del Carmen	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Papizaca	Baja	Media	Moderado	C
30	Grijalva-Usumacinta	Zacualpa	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Yayahuita	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Grande o Salinas	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Tzimbac	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Ixcan	Baja	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
30	Grijalva-Usumacinta	Chajul	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	De los Plátanos	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Chicoasén	Alta	Alta	Moderado	C
30	Grijalva-Usumacinta	Caxcuchapa	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Cunduacán	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Platanar	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Paredón	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Presa Peñitas	Baja	Muy alta	Deficiente	D
30	Grijalva-Usumacinta	Zayula	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Viejo Mezcalapa	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Almendro	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Puxcatán	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Tacotalpa	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	De la Sierra	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Mamatel	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Cumpan	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	San Pedro	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Laguna del Este	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Palizada	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Laguna del Pom y Atasta	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	San Pedro y San Pablo	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Tabasquillo	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Chilapilla	Alta	Baja	Muy bueno	A

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
30	Grijalva-Usumacinta	Macuxpana	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Chilapa	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Chacamax	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Shumulá	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Azul	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Soyatenco	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Cintalapa	Media	Media	Moderado	C
30	Grijalva-Usumacinta	Encajonado	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	De La Venta	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Presa Nezahualcoyotl	Media	Muy alta	Deficiente	D
30	Grijalva-Usumacinta	Suchiapa	Alta	Media	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Chacté	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Tulija	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Yashijá	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Santo Domingo	Alta	Alta	Moderado	C
30	Grijalva-Usumacinta	Comitán	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Santo Domingo	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Seco	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Caliente	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Euseba	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Laguna Miramar	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	San Pedro	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Perlas	Media	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
30	Grijalva-Usumacinta	Jatate	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Tzanconeja	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Usumacinta	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Chocaljah	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Basca	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Hondo	Alta	Alta	Moderado	C
30	Grijalva-Usumacinta	Tuxtla Gutiérrez	Alta	Alta	Moderado	C
30	Grijalva-Usumacinta	Presa Chicoasén	Muy alta	Muy alta	Moderado	C
30	Grijalva-Usumacinta	Aguacatenco	Media	Muy alta	Deficiente	D
30	Grijalva-Usumacinta	San Pedro	Alta	Media	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Lagartero	Alta	Media	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Samaria	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	El Carrizal	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Laguna de Términos	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Mezcalapa	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Grijalva	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Margarítas	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Alto Grijalva	Media	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Selegua	Baja	Alta	Deficiente	D
30	Grijalva-Usumacinta	Presa La Angostura	Alta	Muy alta	Deficiente	D
30	Grijalva-Usumacinta	Chapopote	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	San Miguel	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Aguzarca	Media	Baja	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
30	Grijalva-Usumacinta	Chixoy	Baja	Baja	Bueno	B
30	Grijalva-Usumacinta	Lacantún	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Lacanjá	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Pichucalco	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Bajo Río Candelaria	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	Alto Río Candelaria	Alta	Baja	Muy bueno	A
30	Grijalva-Usumacinta	La Concordia	Media	Muy alta	Deficiente	D
30	Grijalva-Usumacinta	Presa La Concordia	Media	Muy alta	Deficiente	D
31	Yucatán Oeste	Río Champotón 2	Baja	Baja	Bueno	B
31	Yucatán Oeste	Río Champotón 1	Baja	Baja	Bueno	B
33	Yucatán Este	Río Escondido	Alta	Baja	Muy bueno	A
34	Cuencas Cerradas del Norte	Desierto de Sama-layuca	Alta	Baja	Muy bueno	A
34	Cuencas Cerradas del Norte	Laguna El Sabinal	Baja	Muy alta	Deficiente	D
34	Cuencas Cerradas del Norte	Rancho El Cuarenta	Baja	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Laguna de.Babicora	Media	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Laguna de Bustillos	Baja	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Félix U Gómez	Baja	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Arroyo El Carrizo	Baja	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Arroyo El Burro	Baja	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Laguna de Tarabillas	Baja	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Laguna de Encinillas	Baja	Media	Moderado	C
34	Cuencas Cerradas del Norte	Hacienda San Francisco-Juguete-Madero-Palomas	Alta	Baja	Muy bueno	A

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
34	Cuencas Cerradas del Norte	Río Casas Grandes 1	Alta	Media	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Río del Carmen 1	Baja	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Río Santa María 1	Baja	Muy alta	Deficiente	D
34	Cuencas Cerradas del Norte	Laguna Los Mexicanos	Baja	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Río Casas Grandes 2	Alta	Baja	Muy bueno	A
34	Cuencas Cerradas del Norte	Laguna El Cuervo	Media	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Rancho Hormigas - El Diablo	Baja	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Río del Carmen 2	Baja	Media	Moderado	C
34	Cuencas Cerradas del Norte	Arroyo Roma	Media	Baja	Bueno	B
34	Cuencas Cerradas del Norte	Laguna La Vieja	Baja	Media	Moderado	C
34	Cuencas Cerradas del Norte	Río Santa Maria 2	Media	Muy alta	Deficiente	D
35	Mapimí	Valle Hundido	Media	Baja	Bueno	B
35	Mapimí	Laguna del Rey	Alta	Baja	Muy bueno	A
35	Mapimí	Laguna del Guaje - Lipanés	Alta	Baja	Muy bueno	A
35	Mapimí	Polvorillos - Arroyo El Marquez	Media	Baja	Bueno	B
35	Mapimí	El Llano - Laguna del Milagro	Media	Baja	Bueno	B
35	Mapimí	Arroyo La India - Laguna Palomas	Alta	Alta	Moderado	C
36	Nazas-Aguanaval	Nazareno	Alta	Media	Bueno	B
36	Nazas-Aguanaval	Laguna de Viesca	Baja	Baja	Bueno	B
36	Nazas-Aguanaval	Río Sextín	Media	Baja	Bueno	B
36	Nazas-Aguanaval	Presa La Flor	Alta	Media	Bueno	B
36	Nazas-Aguanaval	San Francisco	Media	Media	Moderado	C
36	Nazas-Aguanaval	Los Ángeles	Alta	Media	Bueno	B

Clave de Región Hidrológica	Nombre de Región Hidrológica	Nombre de cuenca con estudio de disponibilidad	Importancia Ecológica	Presión de uso	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental
36	Nazas-Aguanaval	Presa Leobardo Reynoso	Media	Muy alta	Deficiente	D
36	Nazas-Aguanaval	Presa Cazadero	Media	Muy alta	Deficiente	D
36	Nazas-Aguanaval	Presa Santa Rosa	Media	Muy alta	Deficiente	D
36	Nazas-Aguanaval	Canal Santa Rosa	Alta	Muy alta	Deficiente	D
36	Nazas-Aguanaval	Arroyo Cadena	Alta	Baja	Muy bueno	A
36	Nazas-Aguanaval	Laguna de Mayrán	Baja	Baja	Bueno	B
36	Nazas-Aguanaval	Río Ramos	Media	Media	Moderado	C
36	Nazas-Aguanaval	Presa Lázaro Cárdenas	Media	Alta	Moderado	C
36	Nazas-Aguanaval	Agustín Melgar	Media	Media	Moderado	C
36	Nazas-Aguanaval	Presa Francisco Zarco	Media	Media	Moderado	C
37	El Salado	Sierra Madre Oriental	Alta	Media	Bueno	B
37	El Salado	Sierra Rodríguez	Baja	Baja	Bueno	B
37	El Salado	Camacho - Gruñidora	Baja	Media	Moderado	C
37	El Salado	Matehuala	Alta	Baja	Muy bueno	A
37	El Salado	Fresnillo - Yesca	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
37	El Salado	Sierra Madre	Alta	Baja	Muy bueno	A
37	El Salado	Presa San Pablo y Otras	Alta	Baja	Muy bueno	A
37	El Salado	Presa San José - Los Pilares y Otras	Alta	Baja	Muy bueno	A
	Península de Yucatán*	Isla de Cozumel**	Alta	Media	Bueno	B
	Península de Yucatán*	Cerros y Valles**	Muy alta	Media	Muy bueno	A
	Península de Yucatán*	Xpujil**	Muy alta	Baja	Muy bueno	A
	Península de Yucatán*	Peninsula de Yucatan**	Muy alta	Media	Muy bueno	A

* Organismo de cuenca ** Acuífero

APÉNDICE NORMATIVO B

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA ALTERACIÓN DEL RÉGIMEN HIDROLÓGICO NATURAL EN UNA CORRIENTE POR LA PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURA

Definición

Determinación del régimen de volúmenes de agua de manera mensual y anual, en estado natural y actual, y el grado de afectación de este último sobre el primero. El objetivo es determinar si existe o no afectación significativa al régimen hidrológico natural debido a la presencia de infraestructura hidráulica o hidroeléctrica.

Aplicación

En todos aquellos tramos donde existan obras hidráulicas (p.e. grandes presas o derivadoras) o tomas de agua (p.e. bombeo de pozos) que afecten al régimen hidrológico natural de caudales y a los ecosistemas acuáticos asociados. En todos estos casos será necesaria la identificación del grado de alteración que existe en el régimen hidrológico actual (RHA) con relación al natural (RHN).

Elementos del régimen hidrológico a determinar

Régimen de volúmenes mensuales y anuales de agua en estado natural y actual, y si existe alteración en el RHA.

Información necesaria

La información que se requiere es la siguiente:

- Una serie a escala diaria de menos con 20 años completos de información de cada régimen hidrológico (natural y actual o presumiblemente alterado). Para bases menores se deberá analizar la representatividad de la misma en cuanto a la presencia de años húmedos, medios, secos y muy secos.

Procedimiento a seguir

El procedimiento para determinar la alteración hidrológica de una corriente con base en los volúmenes mensuales y anuales de agua es el siguiente:

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

2. A partir de la estación hidrométrica más representativa de la zona de estudio, determinar el régimen de caudales ordinarios (máximos y mínimos) según el procedimiento que se detalla a continuación:

   i. Ordenar a partir de la información hidrológica de la serie diaria, los caudales medios mensuales, separando las series en RHN y en régimen actual o presumiblemente alterado (RHA);

   ii. Organizar los caudales mensuales en años naturales para ambas series;

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

3. Verificar si los caudales actual (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 donde:

   - Si el régimen actual (RHA) cumple en magnitud mensual y anual más de un 50 % con relación al RHN, se considerará hidrológicamente no alterado.

   - Si el cumplimiento del régimen actual (RHA) es < 50 % en su magnitud mensual y anual con relación al RHN, se considerará alterado.

APÉNDICE NORMATIVO C

METODOLOGÍA HIDROLÓGICA PARA DETERMINAR EL RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO EN CORRIENTES O CUERPOS DE AGUA NACIONALES A NIVEL DE CUENCA HIDROLÓGICA, CON BASE EN EL MÉTODO PROPUESTO POR GARCÍA et al. (1999)

Antecedentes

Las metodologías hidrológicas son los más simples por ser calculados e partir de datos llamados "de escritorio" o "de gabinete", su objetivo principal y original fue la conservación de especies de importancia económica en ríos perennes con pocas variaciones estacionales. Estas metodologías son los más conocidos, representando un 30 % del total de las metodologías desarrolladas.

El más conocido es el Método de Tennant (1976), se conoce también como el método de Montana, es uno de los más usados mundialmente por lo sencillo de sus cálculos y se utiliza básicamente en corrientes que no presentan estructura de regulación como presas, dique u otras modificaciones en el cauce.

El método desarrollado por Tennant en 1976 basándose en diez años de mediciones y observaciones fundamentalmente biológicos para una especie seleccionada y encontrando relaciones entre los parámetros físicos del cauce (ancho, profundidad y velocidad) y la disponibilidad del hábitat. El método divide el año en dos periodos (año húmedo y año seco), en cada uno de los cuales se asignan porcentaje del caudal medio interanual para lograr una calidad de hábitat fluvial determinada. De esta forma se reconoce que existe una relación entre los niveles de caudal y las características del hábitat evaluado; además de que se garantiza la variabilidad temporal en las mediciones.

Está basado en un estudio realizado por la US Fish and Wildlife Service, el objetivo del mismo era encontrar una relación entre el caudal y la disponibilidad de hábitat para la biota acuática. Tennant (el investigador líder), dividió el año en un periodo seco y otro lluvioso, para los cuales propuso caudales expresados como porcentajes del escurrimiento medio anual (EMA) relacionándolos con grados de conservación. A partir del mismo se determinó que el hábitat comenzaba a degradarse cuando el flujo era inferior al 10 % del flujo medio anual, esto asociado a una velocidad media de 0.25 m/s y una profundidad media de 0.3 m (Tennant, 1976 citado en Bragg et al., 1999).

Existen varias modificaciones al método desarrollado por Tennant bajo ciertos criterios particulares de la región, en México, se ha aplicado el método de Montana para establecer caudales recomendados para en la evaluación de impacto ambientales por obras hidráulicas. Por otro lado se han hecho modificaciones al método para zonas tropicales donde se consideran una variación climatológica trimestral anual tratando de reproducir variaciones de caudal durante el año (Gracia et al. 1999).

Procedimiento a seguir La aplicación general de las metodologías hidrológicas comprende los siguientes pasos a seguir:

C.1. Selección de sitios de estudio.

C.2. Selección de la serie de datos.

C.3. Determinación del régimen de caudal ecológico mensual y anual.

C.4. Formulación de propuestas de régimen de caudal ecológico mensual y anual.

En la FIGURA C.1 se muestra de forma secuencial los pasos a seguir para determinar el régimen de caudal ecológico.

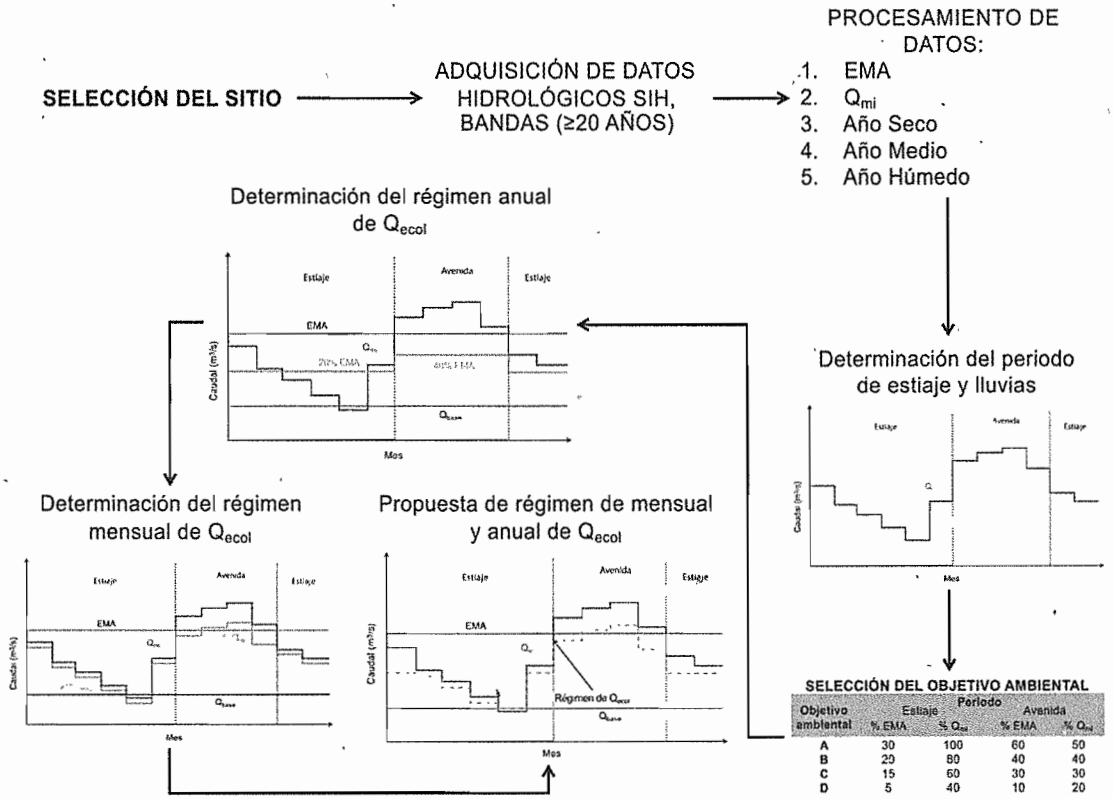


FIGURA C.1. Esquema metodológico para el análisis de caudales ecológicos mediante la metodología hidrológica, basado en Tennant 1976 y García et al. 1999.

C.1. Selección de sitios de estudio.

Sobre mapas a escala adecuada se deberán identificar y localizar dentro del ámbito del estudio (FIGURA C.2):

a. Las aportaciones por tributarios y los puntos de detracción de caudales.

b. Los puntos donde se puedan producir los cambios más acusados al variar el caudal.

c. Aquellos puntos específicos y críticos, bien por ser necesarios para un determinado objetivo ambiental por ser escasos o únicos en el tramo estudiado.

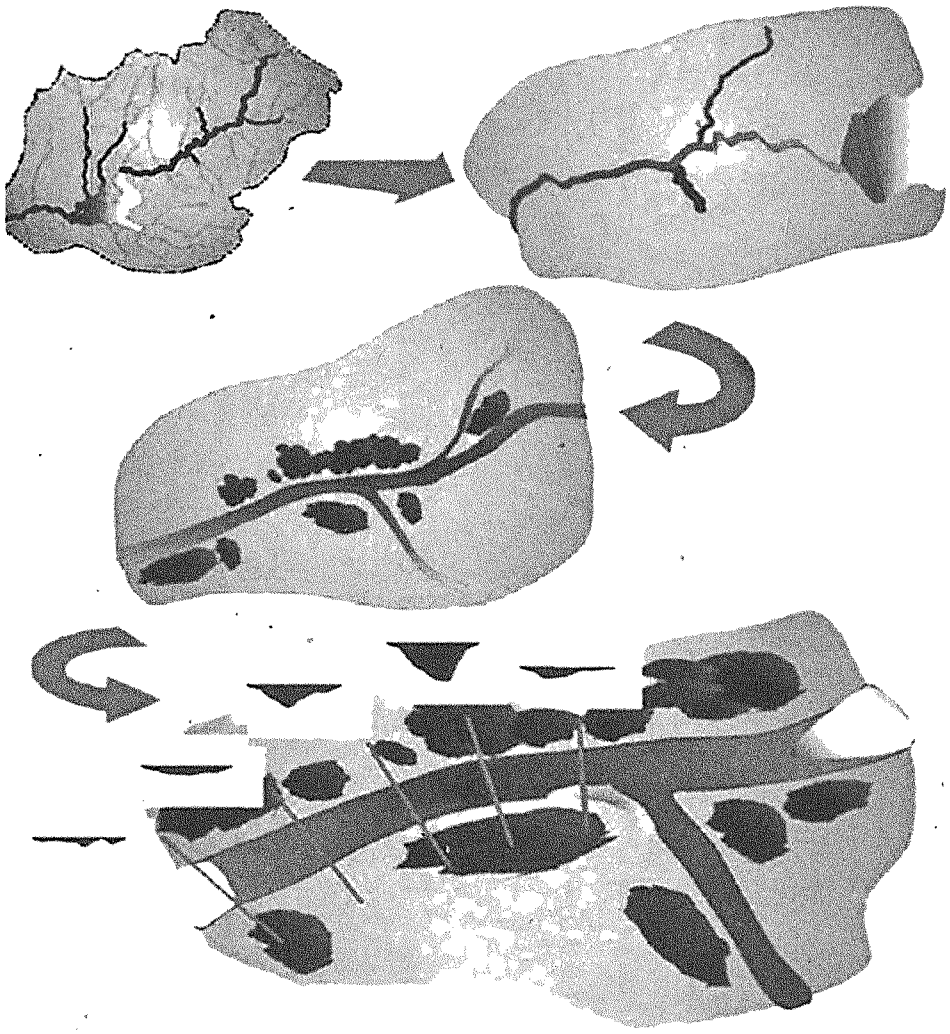


FIGURA C.2. Esquema ilustrativo de la selección del sitio de estudio dentro de la cuenca.

C.2. 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 de 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 pudiendo sesgar los resultados de los cálculos.

C.3. Determinación del régimen de caudal ecológico mensual y anual.

- Determinación de años secos, medios y húmedos.

Eliminados los datos erróneos, se identifica el valor máximo para cada mes a partir de los caudales medios mensuales (C_{mi}) y se determina el año con mayor volumen de escurrimiento (año húmedo), de igual manera para el año seco se identifican los valores mínimos de cada mes a partir de los C_{mi} y se determina el año con menor escurrimiento:

$$Enero_{seco} = Valor\ mínimo\ (Enero_{año_1}, Enero_{año_2}, Enero_{año_3}, \cdots, Enero_{año_n})$$
$$Febrero_{seco} = Valor\ mínimo\ (Febrero_{año_1}, Febrero_{año_2}, Febrero_{año_3}, \cdots, Febrero_{año_n})$$
$$\vdots$$
$$Noviembre_{seco} = Valor\ mínimo\ (Noviembre_{año_1}, Noviembre_{año_2}, Noviembre_{año_3}, \cdots, Noviembre_{año_n})$$
$$Diciembre_{seco} = Valor\ mínimo\ (Diciembre_{año_1}, Diciembre_{año_2}, Diciembre_{año_3}, \cdots, Diciembre_{año_n})$$

$$Enero_{húmedo} = Valor\ máximo\ (Enero_{año_1}, Enero_{año_2}, Enero_{año_3}, \cdots, Enero_{año_n})$$
$$Febrero_{húmedo} = Valor\ máximo\ (Febrero_{año_1}, Febrero_{año_2}, Febrero_{año_3}, \cdots, Febrero_{año_n})$$
$$\vdots$$
$$Noviembre_{húmedo} = Valor\ máximo\ (Noviembre_{año_1}, Noviembre_{año_2}, Noviembre_{año_3}, \cdots, Noviembre_{año_n})$$
$$Diciembre_{húmedo} = Valor\ máximo\ (Diciembre_{año_1}, Diciembre_{año_2}, Diciembre_{año_3}, \cdots, Diciembre_{año_n})$$

Para el año considerado como medio se determina a partir del promedio de cada uno de los meses a partir de los C_{mi} determinándose así el año medio. 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:

$$Enero_{medio} = Promedio\ (Enero_{año_1}, Enero_{año_2}, Enero_{año_3}, \cdots, Enero_{año_n})$$
$$Febrero_{medio} = Promedio\ (Febrero_{año_1}, Febrero_{año_2}, Febrero_{año_3}, \cdots, Febrero_{año_n})$$
$$\vdots$$
$$Noviembre_{medio} = Promedio\ (Noviembre_{año_1}, Noviembre_{año_2}, Noviembre_{año_3}, \cdots, Noviembre_{año_n})$$
$$Diciembre_{medio} = Promedio\ (Diciembre_{año_1}, Diciembre_{año_2}, Diciembre_{año_3}, \cdots, Diciembre_{año_n})$$

- 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 (C_{mi}) que se encuentren por encima del valor del Escurrimiento Medio Anual (EMA), se considera periodo de avenida (FIGURA C.3).

La cifra de cuando menos 20 años se eligió porque se considera un lapso de tiempo representativo para incluir las modificaciones del hábitat en las que se desarrollaron las comunidades del ecosistema fluvial. No obstante, este lapso de tiempo es considerado el mínimo deseable, por lo que en aquellos casos donde no sea posible contar con una serie con este periodo de tiempo, podrá utilizarse un periodo de tiempo inferior, siempre y cuando este sea representativo de todos los años bajo distintas condiciones hidrológicas (años muy secos, secos, medio y húmedos).

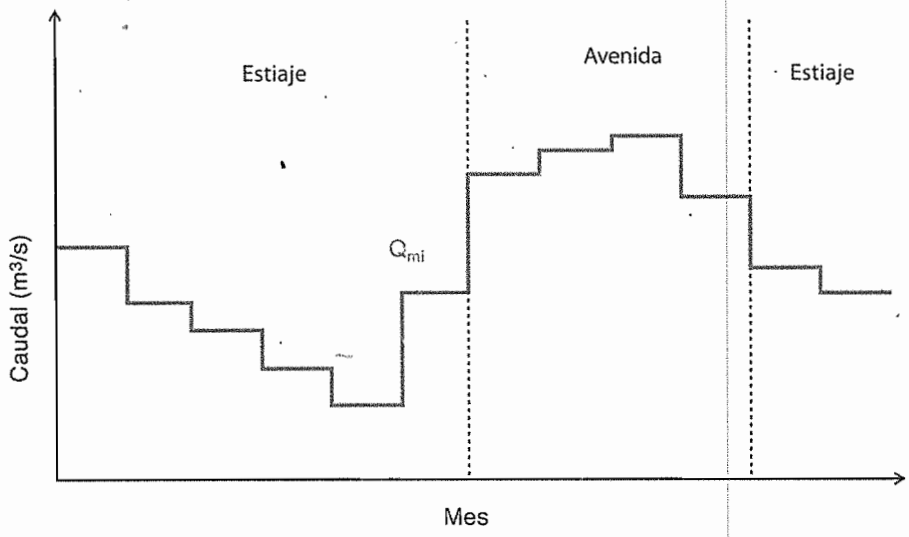


FIGURA C.3. Determinación de periodo de estiaje y avenida

C.4. Formulación de propuestas de régimen de caudal ecológico mensual y anual para un año tipo y un objetivo ambiental asociado.

El régimen de caudal ecológico mensual se determina a partir del año medio con los porcentajes de propuestos para la determinación de régimen de caudal ecológico mensual % Q_{mi} de cada periodo dentro del año, conforme a la TABLA C.1 para 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 de determinan los porcentajes para el periodo de estiaje y lluvia respectivamente de acuerdo a los valores propuestos en la TABLA C.1 del % EMA.

TABLA C.1. Recomendaciones de porcentaje de caudales con objetivos ambientales relacionados (Tennant, 1976), modificado por Garcia et al. 1999 y propuesto por CONAGUA, 2011

Objetivo ambiental	Periodo			
	Estiaje		Avenida	
	% EMA	% Qmi	% EMA	% Qmi
A	30	100	60	50
B	20	80	40	40
C	15	60	30	30
D	5	40	10	20

Para un objetivo B hipotético, la determinación del régimen de caudal ecológico mensual y anual en un año determinado se construye de la siguiente manera:

Tomando como base el año medio y el objetivo B, el cual fue seleccionado hipotéticamente, se procede a construir el hidrograma del régimen de caudal ecológico con los parámetros mencionados en la TABLA C.1, donde para la periodo de estiaje se coloca el 20 % del escurrimiento medio anual (EMA), FIGURA C.4 y el 80 % del caudal medio mensual para cada uno de los meses (Q_{mi}), FIGURA C.5; y para el periodo de avenidas se tiene el 40 % del escurrimiento medio anual (EMA), FIGURA C.4 y el 40 % del caudal medio mensual (Q_{mi}), FIGURA C.5.

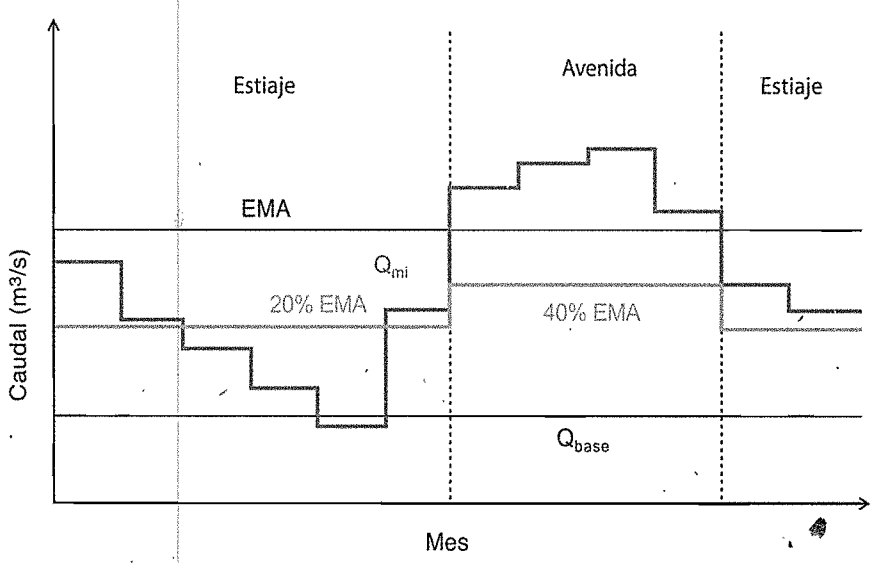


FIGURA C.4. Determinación de % EMA para un objetivo ambiental B, considerando el caudal base

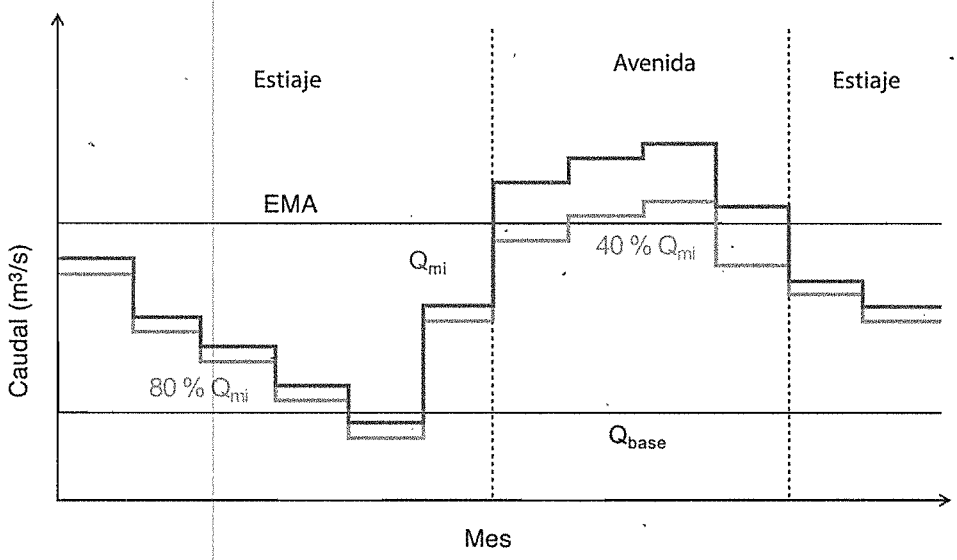


FIGURA C.5. Determinación de % Q_{mi} para un objetivo ambiental B, considerando el caudal base

Después de establecer el caudal para los periodos de estiaje y de lluvias, en el periodo de estiaje se elige de entre el 20 % de EMA y el 80 % del Q_{mi} y para el periodo de avenidas se elige entre el 40 % del EMA y el 40 % del Q_{mi} tal como se muestra en la FIGURA C.6, cabe señalar que para ambos periodos (estiaje y lluvias) el valor del caudal ecológico nunca debe ser mayor al caudal medio mensual (C_{mi}) ni menor al caudal base (Q_{base}).

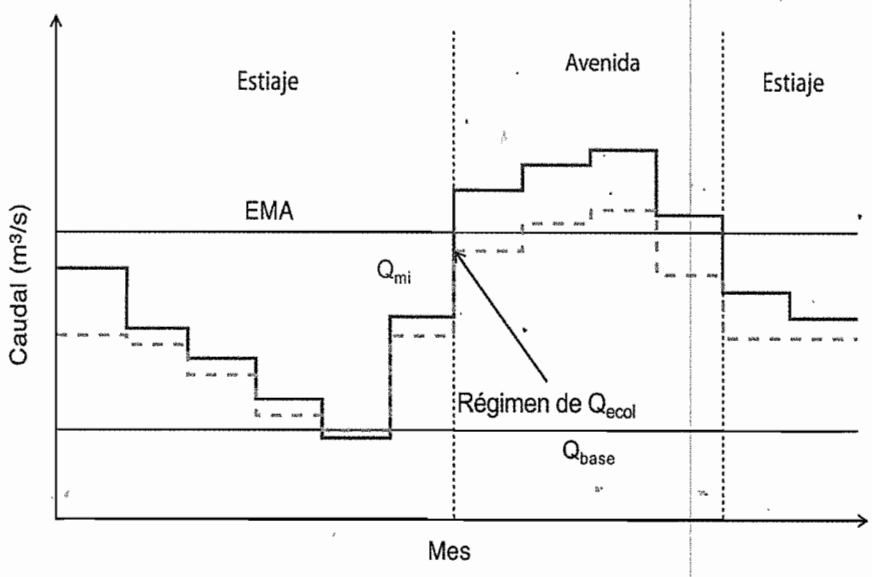


FIGURA C.6. Propuesta de Q_{ecol} en términos de Q_{mi} y % EMA para un objetivo ambiental hipotético B, considerando como límite inferior el caudal base

APÉNDICE NORMATIVO D

METODOLOGÍA HIDROLÓGICA PARA DETERMINAR EL RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO EN CORRIENTES O CUERPOS DE AGUA NACIONALES A NIVEL DE CUENCA HIDROLÓGICA. APROXIMACIÓN METODOLÓGICA PROPUESTA POR LA ALIANZA WWF–FUNDACIÓN GONZALO RÍO ARRONTE, I.A.P.

Aplicación D.1. Utilización de valores de referencia

En aquellas corrientes o cuerpos de agua nacionales a nivel de cuenca hidrológica donde se pretenda conservar su régimen hidrológico natural con la finalidad de reservar un volumen de agua para uso ambiental o para la conservación ecológica conforme a la Ley de Aguas Nacionales.

Elementos de los caudales ecológicos a determinar

- Régimen anual de caudales con finalidad ambiental;
- Volumen anual de agua a reservar con finalidad ambiental.

Nota 1

Solo en el caso en donde no exista información hidrométrica histórica a escala diaria y/o mensual, y la única información disponible sea a escala anual, se podrá determinar solo el volumen anual de agua a reservar con finalidad ambiental.

Información necesaria

La información que se requiere es la siguiente:

- Información hidrológica. Se requiere una serie en régimen natural (donde no existen cambios significativos por efecto del hombre, en términos del APÉNDICE NORMATIVO B) 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.

Procedimiento a seguir

El procedimiento para determinar el volumen de reserva con finalidad ambiental en una corriente o cuerpo de agua nacional a nivel de cuenca hidrológica es el siguiente:

D.1. Identificar el objetivo ambiental para la cuenca conforme a lo señalado en el APÉNDICE NORMATIVO A.

D.2. Según el objetivo ambiental y la naturaleza de la corriente (permanente o intermitente), considerar el intervalo de porcentajes del Escurrimiento Medio Anual (EMA) como valores de referencia para caudal ecológico según aparece en la TABLA D.1.

D.3. Asignar un porcentaje de reserva dentro del intervalo definido por el objetivo ambiental. El ajuste al interior del intervalo definido por el objetivo ambiental deberá realizarse de mayor a menor (p.e. objetivo ambiental "B"40, 39, 38,…,25) considerando en todo momento el interés de conservación de las cuencas (con especial observancia en las Áreas Naturales Protegidas y la conservación de especies amenazadas), los posibles conflictos con el resto de usos del agua o las condiciones particulares de la masa de agua (como la contaminación o alteración morfológica).

TABLA D.1. Valores de referencia para asignar un volumen de caudal ecológico conforme a los objetivos ambientales.

OBJETIVO AMBIENTAL	ESTADO DE CONSERVACION	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.4. Para el caso particular de corrientes perennes, el caudal base deberá determinarse como el caudal mínimo mensual y formará parte del caudal ecológico. El porcentaje de la descarga natural del acuífero hacia la corriente superficial, que será parte del caudal ecológico, deberá ser al menos el señalado en la TABLA D.1, según el intervalo del objetivo ambiental asignado, y utilizando adicionalmente la siguiente regla o criterio: Si en temporada de estiaje el porcentaje del caudal medio mensual conforme al objetivo ambiental asignado es inferior al caudal base, entonces el caudal ecológico a asignar para ese mes deberá ser al menos igual al caudal base. No obstante, salvo en situaciones donde estudios especializados determinen un caudal base específico para el ecosistema analizado, éste podrá ser el asignado. La descarga natural del acuífero asociada a humedales, lagos, lagunas, ciénagas, manantiales u otro cuerpo de agua o ecosistema se determinará en función directa del caudal base identificado y el objetivo ambiental asignado.

Aplicación D.2. Aproximación hidrológica detallada

En todos aquellos tramos donde existan obras hidráulicas (p.e. grandes presas o derivadoras) o tomas de agua (p.e. bombeo de pozos) que afecten significativamente al régimen hidrológico de la corriente o cuerpos de aguanacionales (en términos del APÉNDICE NORMATIVO B), y en consecuencia a los ecosistemas acuáticos asociados. La finalidad es conservar, o bien, recuperar o reconstruir el régimen hidrológico actual a partir del régimen hidrológico natural. En todos estos casos será necesaria la determinación hidrológicamente detallada de un régimen de caudales ecológicos.

Elementos de los caudales ecológicos a determinar

Los elementos y aspectos del régimen de caudales ecológicos a determinar son los siguientes:

1. Régimen anual de caudales ordinarios estacionales para las condiciones hidrológicas húmedas, medias, secas y muy secas.

2. Régimen de avenidas, considerando al menos tres categorías de avenidas (intra-anuales, interanuales de baja magnitud e interanuales de media magnitud) con sus correspondientes atributos de magnitud, duración, frecuencia, momento de ocurrencia y tasa de cambio.

3. Volumen anual de reserva con finalidad ambiental.

Información necesaria

La información requerida es la siguiente:

- Información hidrológica. Se requiere una serie en régimen natural (donde no existen cambios significativos por efecto del hombre, en términos del APÉNDICE NORMATIVO B), a escala diaria y 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.

Procedimiento a seguir

El procedimiento para determinar el régimen de caudales ecológicos, y posterior volumen anual de reserva con finalidad ambiental en una corriente o cuerpo de agua nacionales a nivel de cuenca hidrológica, es el siguiente:

D.1. Identificar los lugares donde se realizará el estudio de los caudales ecológicos. Para lo anterior, considerar los criterios establecidos por la Comisión Nacional del Agua.

D.2. Identificar el objetivo ambiental para cada sitio de estudio conforme al APÉNDICE NORMATIVO A.

D.3. Determinar el régimen de caudales ecológicos ordinarios estacionales para cada condición hidrológica (húmeda, media, seca y muy seca), según el procedimiento que se detalla a continuación:

a. Agregar la información hidrológica disponible en caudales medios mensuales;

b. Organizar los caudales mensuales en años naturales;

c. Sobre las series ya ordenadas, calcular para cada mes del año los percentiles 75, 25, 10 y 0;

d. Asociar el tipo de régimen de caudales ordinarios estacionales (húmedo, medio, seco y muy seco) a los percentiles que aparecen en la siguiente TABLA D.2.

TABLA D.2. Criterios para la elección el régimen de caudales ordinarios estacionales para años con diferentes condiciones hidrológicas.

CONDICIONES HIDROLOGICAS	PERCENTILES
Régimen de caudales ordinarios estacionales para años húmedos	75
Régimen de caudales ordinarios estacionales para años medios	25
Régimen de caudales ordinarios estacionales para años secos	10
Régimen de caudales ordinarios estacionales para años muy secos	0

e. Según la clase del objetivo ambiental definido en el apartado 2 de este apéndice, considerar para la implementación del régimen de caudales ordinarios estacionales las siguientes frecuencias de ocurrencia de la TABLA D.3:

TABLA D.3. Criterios para la integración de los caudales ordinarios a partir de las frecuencias de ocurrencia de distintas condiciones hidrológicas para los objetivos ambientales.

OBJETIVO AMBIENTAL	FRECUENCIAS DE OCURRENCIA DE LOS REGIMENES DE CAUDALES ORDINARIOS ESTACIONALES			
	HUMEDO	MEDIO	SECO	MUY SECO
A	0.1	0.4	0.3	0.2
B	0.0	0.2	0.4	0.4
C	0.0	0.0	0.4	0.6
D	0.0	0.0	0.0	1.0

D.4. Determinar el régimen de avenidas según el procedimiento que se detalla a continuación:

a. Tipificación y caracterización del régimen de avenidas.

Identificar los tipos de avenidas necesarias para mantener a largo plazo los ecosistemas y describir sus características básicas (magnitud, frecuencia, duración, momento de ocurrencia y tasa de cambio).

i. Sobre la serie hidrológica disponible, calcular y categorizar las avenidas tipo con un periodo de retorno de 1, 1.5 y 5 años, según los metodologías establecidas por la Comisión Nacional del Agua u otros análisis hidrológicos equivalentes. Estas categorías servirán para identificar las avenidas Categoría I, II y III respectivamente;

ii. Caracterizar los patrones de duración, momento de ocurrencia y tasa de cambio de los tres tipos de avenidas.

b. Adopción de un régimen de avenidas.

Identificar el tipo y características de las avenidas que formarán parte de la propuesta global de caudales ecológicos (TABLA D.4).

i. Seleccionar una duración, momento de ocurrencia y tasa de cambio representativa de cada tipo de avenida;

ii. Ajustar la propuesta de régimen de avenidas a los objetivos ambientales a partir de las frecuencias de ocurrencia de las avenidas. Para un horizonte temporal de 10 años, se proponen las siguientes:

TABLA D.4. Criterios de integración de las avenidas tipo a partir de sus frecuencias de ocurrencia según objetivos ambientales.

OBJETIVO AMBIENTAL	REGIMEN DE AVENIDAS		
	CATEGORÍA 3	CATEGORÍA 2	CATEGORÍA 1
A	2	6	10
B	2	3	5
C	1	2	3
D	1	1	2

D.5. Determinar el volumen de reserva final o caudal ecológico para integrar a los estudios de disponibilidad, a partir del régimen de obtenido mediante esta aproximación. El cálculo se deberá realizar de la siguiente forma:

Para los diferentes regímenes de caudales ordinarios estacionales (húmedos, medios, secos y muy secos), se considerará el volumen anual de cada uno multiplicado por sus correspondientes frecuencias de ocurrencia definidas en el inciso 3. e). Este volumen se determina mediante la siguiente expresión:

$$Vt_{Coe} = (f_{CoeH} \times V_{CoeH}) + (f_{CoeM} \times V_{CoeM}) + (f_{CoeS} \times V_{CoeS}) + (f_{CoeMS} \times V_{CoeMS})$$

Donde:

Vt_{Coe} es el volumen total del caudal ordinario estacional;

f_{Coe} es la frecuencia de ocurrencia de un régimen "i"; y

V_{Coe} es el volumen del régimen de caudales ordinarios estacionales "i", siendo "i" las condiciones húmedas, medias, secas y muy secas.

- Para el régimen de avenidas, se considerará el volumen anual de cada tipo de avenida multiplicado por sus correspondientes frecuencias de ocurrencia definidas en el inciso 4. b) ii). Este volumen se determina mediante la siguiente expresión:

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

Donde:

Vt_{Ra} es el volumen total del régimen de avenidas;

f_{aI} es la frecuencia de ocurrencia de una avenida "i";

d_{aI} es la duración de una avenida "i";y

V_{aI} es el volumen de una avenida "i", siendo "i" las avenidas tipo 1, 2 y 3.

- El volumen final de reserva o caudal ecológico a integrar en los estudios de disponibilidad, vendrá dado por la suma de los regímenes de caudales ordinarios estacionales y de avenidas correspondientes;

- Los resultados de cada tramo de estudio se elevarán a la cuenca o subcuenca siguiendo las reglas que la Comisión Nacional del Agua establezca para ello.

APÉNDICE NORMATIVO E

METODOLOGÍA HIDROBIOLÓGICA PARA DETERMINAR EL RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO EN CORRIENTES O CUERPOS DE AGUA NACIONALES A NIVEL DE CUENCA HIDROLÓGICA

Antecedentes

La metodología IFIM fue desarrollada por el U.S. Fish and Wildlife Service en colaboración con un equipo multidisciplinar, basándose en el conocimiento y descripción básicos de las interrelaciones existentes entre la cantidad de agua circulante y la cantidad de hábitat quZe genera en un tramo de cauce.

La metodología incremental (Instream Flow Incremental Methodology: IFIM) se basa en una variedad de aproximaciones que han sido desarrolladas para la evaluación de los efectos que origina la variación de caudales en los cauces (Bovee, 1982). Dentro de esta metodología general, el modelo de simulación está específicamente diseñado para calcular la cantidad de hábitat disponible para una determinada especie en función del caudal circulante.

A lo lago de los años se han desarrollado diferentes modelos de simulación del hábitat (PHABSIM, RHABSIM, RYHABSIM) que han sido ampliamente utilizados y contrastados a nivel internacional. Todos estos modelos se basan en los mismos fundamentos, que se pueden resumir en los siguientes aspectos:

1. Cada especie tiene un rango de preferencias de las condiciones del hábitat o, lo que es lo mismo, tiene unas determinadas tolerancias ante ciertos parámetros del hábitat (velocidad de la corriente, profundidad o tipo de sustrato, entre otras).

2. Los límites de estas preferencias pueden ser determinados para cada una de las especies a través de un estudio detallado de las mismas.

3. A partir de las características del cauce se puede determinar la cantidad de hábitat para esas especies en función del caudal.

El modelo de simulación del hábitat (bien sea PHABSIM, RHABSIM, RYHABSIM, o equivalente) consta de dos componentes principales. El modelo hidráulico predice la profundidad y velocidad del agua en una sección transversal del cauce a partir de datos reales tomados en el cauce para un determinado caudal circulante. El ajuste del modelo, permite predecir el comportamiento del cauce con otros caudales sin necesidad de esperar a que se produzcan realmente. Por su parte, el modelo del hábitat pondera cada celda en que es dividida la sección transversal, utilizando índices que asignan un valor comprendido entre 0 y 1 para cada uno de los parámetros de hábitat considerados (profundidad, velocidad, sustrato y cobertura), indicando cuan adecuados son para la especie considerada. El modelo de hábitat computa estos valores para diferentes valores del caudal, obteniendo un índice del área utilizable denominado área ponderada útil (WUA, Weighted Usable Área).

En la FIGURA E.1 se sintetizan las diferentes partes del modelo hidrobiológico.

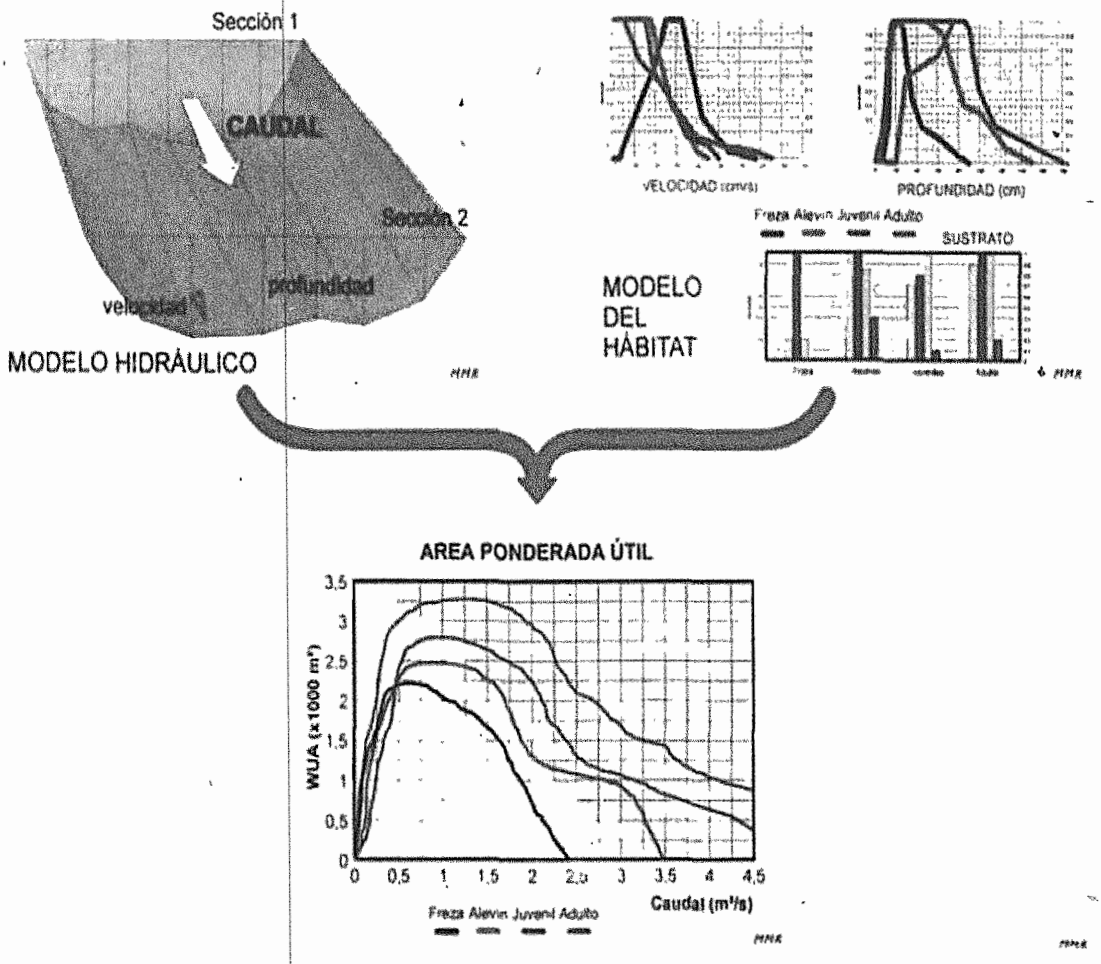


FIGURA E.1. Modelo conceptual del procedimiento metodológico para el análisis de caudales ecológicos mediante la metodología de simulación de hábitat.

Procedimiento a seguir La aplicación de los métodos hidrobiológicos comprende las siguientes fases clave (FIGURA E.2):

E.1. Selección de los sitios de estudio.

E.2. Selección de especies objetivo representativas del sitio de estudio.

E.3. Generación de curvas de preferencia de microhábitat como elemento esencial en la generación de los modelos de hábitat.

E.4. Los trabajos de campo destinados a la construcción y calibración de los modelos de hábitat.

E.5. Evaluación del hábitat fluvial.

E.6. Formulación de propuestas de caudales ecológicos.

El siguiente esquema muestra de forma secuencial los trabajos asociados a cada una de estas fases.

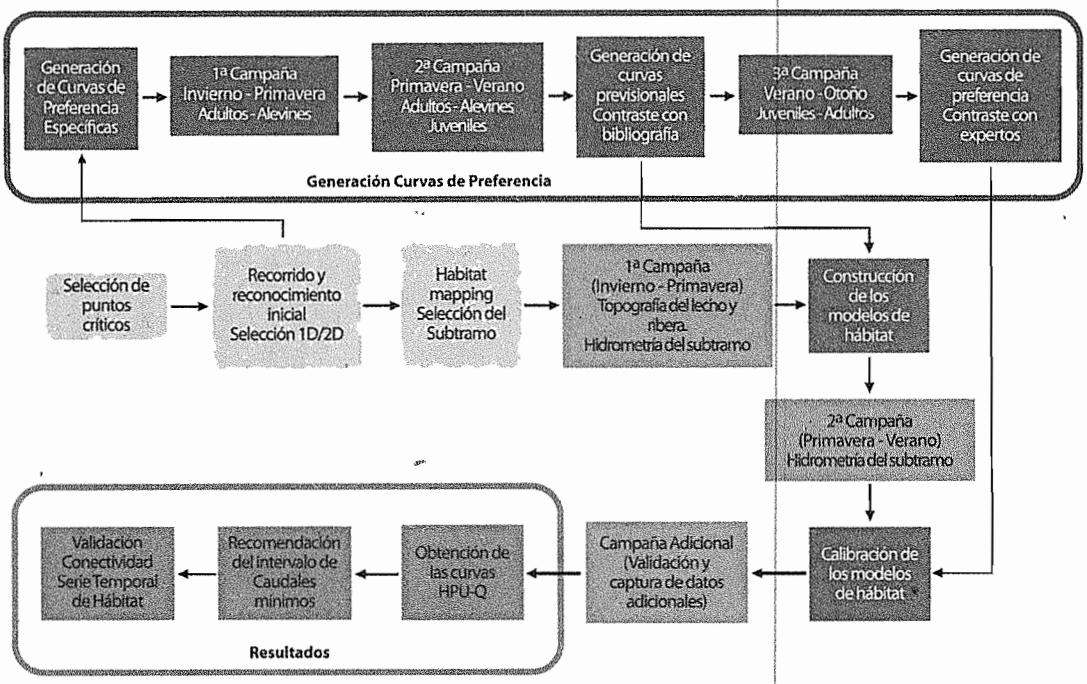


FIGURA E.2. Esquema metodológico para el análisis de caudales ecológicos mediante modelación física del hábitat

E.1. Selección de los sitios de estudio.

Sobre mapas a escala adecuada se deberán identificar y localizar dentro del ámbito del estudio:

1. Las aportaciones por tributarios y los puntos de detracción de caudales.
2. Los puntos donde se puedan producir los cambios más acusados al variar el caudal, o donde se puedan producir variaciones en la calidad del agua.
3. La distribución de las especies en el tramo en cuestión.
4. Aquellos puntos específicos y críticos, bien por ser necesarios para un determinado estadio vital o para una determinada especie, o bien por ser escasos o únicos en el tramo estudiado.
5. La ubicación aleatoria de los puntos de muestreo de los tramos de mayores dimensiones.

El número y localización de los sitios (FIGURA E.3) donde se llevará a cabo la simulación del hábitat físico debe cubrir, al menos, un tramo en cada uno de los tipos más representativos, especialmente en lo que se refiere a diferencias en el régimen de caudales. En esta selección de sitios se dará prioridad a los cuerpos de agua con mayor importancia ambiental o aquellos que estén situados aguas abajo de grandes presas o derivaciones importantes y que puedan condicionar las asignaciones y reservas de recursos.

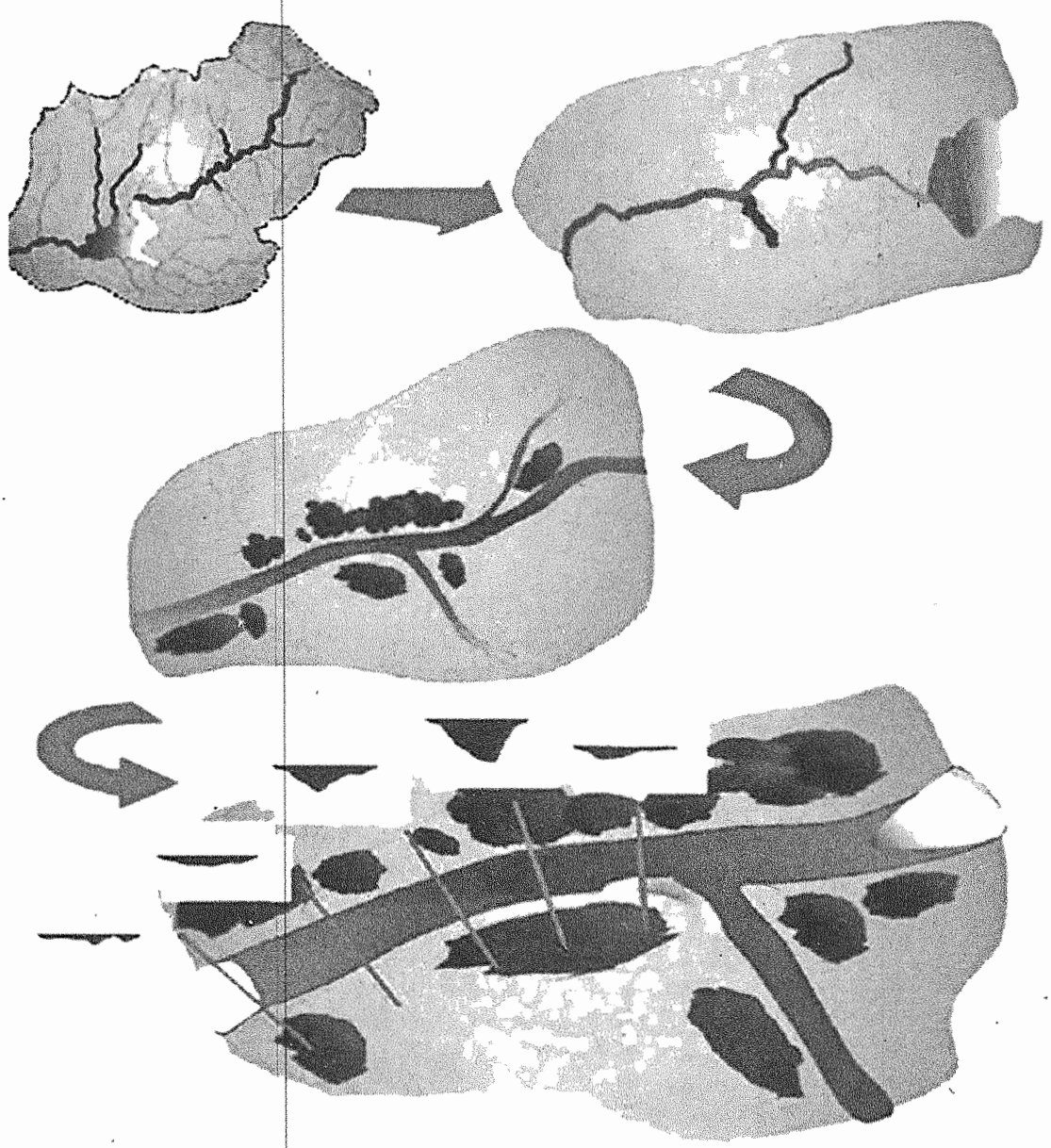


FIGURA E.3. Esquema ilustrativo de la selección del sitio de estudio dentro de la cuenca.

E.2. Selección de las especies objetivo.

Para evaluar el hábitat potencial en el río en función de los caudales circulantes, se debe definir en primer lugar la especie cuyo interés ecológico y valor indicativo le permitan ser seleccionada como objetivo ecológico. A este respecto hay que destacar que la experiencia nacional e internacional se encuentra más desarrollada en el uso de especies piscícolas como especies indicadoras, si bien pueden existir estudios locales que nos facilite el estudio de otro tipo de especies relacionadas con el medio fluvial (vegetación de ribera, macroinvertebrados, avifauna,...), es recomendable recurrir a especies piscícolas con la finalidad de aprovechar las experiencias y conocimientos preexistentes. Como primer análisis es recomendable inventariar las especies protegidas, sensibles o vulnerables.

Para la selección de las especies objetivo a incorporar en los análisis del hábitat físico hay que considerar varios criterios:

1. La presencia de dichas especies acuáticas en el tramo de estudio y su relación con el estado de calidad de dicho tramo. Esto significa que las especies consideradas como no autóctonas en cada cuenca no se utilizarán en el estudio, dado que desde un enfoque científico y legislativo son consideradas como un factor de degradación del tramo, así como un indicador de dicha situación. Además de las especies detectadas en los tramos de estudio, hay que considerar también las especies de referencia histórica. Es decir, que ciertos organismos no presentes hoy día pueden ser referente histórico de unas condiciones ecológicas más deseables.

2. En la selección de especies debe darse prioridad a las especies en sensibles a la alteración de su hábitat, peligro de extinción, vulnerables o de interés especial.

3. La posibilidad de disponer funciones de idoneidad del hábitat para esa especie o la viabilidad de generarlas mediante trabajos de campo (ver siguiente punto). La generación de estas curvas está muy extendida para las especies piscícolas como ya se ha comentado.

Teniendo en cuenta las características de los tramos seleccionados, y se elegirán por regla general una o varias especies piscícolas definidas como especies de interés. De esta selección de especies es preciso concretar la especie objetivo analizando tanto su mayor o menor requerimiento de caudal, como las características de su figura de protección. Adicionalmente se debería realizar un análisis de sensibilidad para identificar diferencias significativas entre el régimen obtenido por la especie más restrictiva y el obtenido del análisis para la especie de menores requerimientos.

Una vez seleccionadas las posibles especies objetivo, es conveniente realizar un sencillo análisis para resumir el ciclo biológico de cada especie, y saber en qué época está presente y su etapa de desarrollo. Mediante este análisis se trata de deducir los periodos críticos para cada especie y etapa durante el año hidrológico. Dichos periodos determinan en qué época hay que priorizar las condiciones de hábitat de una u otra especie, para favorecer e intentar garantizar la supervivencia de todas las poblaciones a lo largo del tiempo. Así, una vez realizada la simulación del hábitat, en cada época serán consideradas solo las etapas de desarrollo presentes en su ventana temporal, ya que de otro modo la toma de decisiones se podría hacer excesivamente compleja. Por lo tanto, la determinación de curvas de hábitat potencial útil-caudal se aplicará a cada periodo de tiempo ecológicamente significativo.

No se trata de hacer un cuadro muy preciso, ni con intervalos muy reducidos y estrechos, puesto que la propia variabilidad natural hace que varíen de un año a otro. Lo que se pretende con la identificación de estos periodos biológicos a través del régimen de caudales ecológicos es que, a lo largo de los años, las condiciones medias sean adecuadas para la supervivencia de las comunidades acuáticas, por lo que no es necesario un detalle temporal excesivo, siendo a priori la escala mensual la más adecuada.

E.3. Elaboración de las curvas de preferencia o idoneidad.

Las funciones de preferencia de microhábitat constituyen un elemento fundamental al aplicar la simulación del hábitat físico. De forma genérica, las funciones de preferencia de microhábitat son curvas o bien funciones matemáticas que intentan describir la idoneidad de una variable del microhábitat (integrable en un modelo del río) para la vida de una especie, en una etapa de desarrollo o con un intervalo de tamaño. Esta respuesta se califica entre 0 (mínimo, o valores inaceptables para la vida de la especie a medio–largo plazo) y 1 (el valor de una variable presenta la máxima idoneidad para el organismo). Sobre las variables utilizadas, pueden escogerse según la biología de la especie, aunque deben siempre relacionarse con las condiciones de flujo, y lo más común es emplear velocidad, profundidad, sustrato y refugio.

La información sobre preferencia del microhábitat puede obtenerse de tres modos diferentes:

1. La selección de curvas de distintos tipos publicadas en el país, de uso común en Estados Unidos debido a la gran variedad de estudios disponibles; así pues, la búsqueda de referencias científicas es la primera fuente de información. Para la selección de curvas hay que tener en cuenta las condiciones de los ríos de origen, comparándose con nuestro tramo de estudio (época de muestreo, tallas utilizadas, actividad del organismo, caudal medio anual, régimen de caudales, elevación, pendiente, profundidad y velocidad media).

2. Los estudios realizados en tramos de la cuenca de estudio, que es la más correcta y fiable, si se aplican las técnicas adecuadas (Bovee et al., 1998), como se explica en este capítulo.

3. Realizando pruebas de transferibilidad de funciones de la misma especie desarrolladas en otros ríos, lo cual también exige la toma de datos en campo y una posterior aplicación de un test estadístico para su validación, escogido según el tipo de función que tengamos (curvas univariantes, modelo logístico de presencia/ausencia). Dichos test suelen dar una probabilidad de que el uso del microhábitat sea selectivo, de acuerdo a las curvas del río de origen, pero un resultado positivo no es totalmente equiparable al desarrollo de curvas in situ. En general se recomienda siempre que sea posible realizar estudios en la propia cuenca.

Según la información empleada para su desarrollo, las funciones de preferencia del hábitat se pueden agrupar en cuatro clases o categorías:

- **Curvas de categoría 1** (Bovee, 1986) Se basan en la opinión de expertos, llegándose a un consenso final por distintos métodos, por ejemplo la técnica Delphi (Zuboy, 1981).

- **Curvas de categoría 2** Curvas de uso o utilización, parten de mediciones realizadas en los puntos ocupados por los organismos (p.e. peces en actividad de alimentación). Para ello el muestreo de campo debe hacerse cubriendo una proporción igual de los distintos tipos de microhábitat disponible en el río estudiado (de forma práctica pueden agruparse en rápido-somero, rápido-profundo, lento-profundo), aplicando lo que se llama el método de igual esfuerzo (Johnson, 1980). Al aplicar este método se reduce el error producido por los efectos de la disponibilidad del hábitat sobre la selección por los organismos; este error también se reduce considerando varios tramos distintos del mismo río y con tamaños muestrales elevados. En general se considera que en el intervalo de 150-200 datos puede

obtenerse una curva (para una especie, talla, actividad) relativamente estable al tamaño muestral, por lo cual se recomienda siempre pasar de los 200 datos independientes. Actualmente el método de igual esfuerzo es el más recomendado para el desarrollo de funciones de preferencia de microhábitat.

- **Curvas de categoría 3** Fueron desarrolladas a partir de los llamados índices de selección, originalmente aplicados en estudios de selección del alimento. Estas funciones se basan en el concepto de preferencia de Manly et al. (1993), que es el uso de un recurso (un tipo de microhábitat concreto) en una proporción superior a aquella en la que éste se encuentra disponible en el medio. Su uso genera distintos problemas, dependiendo del tamaño de intervalo utilizado y del tamaño muestral, que debe ser elevado; por ello, su uso no se recomienda, siendo más aceptado el uso de curvas de categoría II por el método de igual esfuerzo. Esto no significa que las curvas de categoría III no tengan validez, sino que en algunos casos se han observado aplicaciones incorrectas del método, y también ciertos inconvenientes estadísticos. Hoy día, una relevante proporción de las curvas de preferencia que están disponibles y se utilizan en distintos países, pertenecen a este tipo y son válidas.

- **Curvas de categoría 4** Engloban las curvas condicionadas (Bovee et al., 1998), modelos de presencia/ausencia obtenidos por regresión no lineal (Rubin 1991, Lamouroux et al., 1999), y otras funciones multivariantes obtenidas por otros métodos estadísticos (ver Ahmadi-Nedushan et al., 2006, Schweizer et al. 2007). Las curvas condicionadas son muy útiles para reflejar interacciones biológicas en el medio acuático, por ejemplo entre el uso de la profundidad y el refugio (Bovee, 1998). Para ciertos peces la idoneidad o preferencia de las zonas someras es baja cuando no hay un refugio de vegetación colgante, o un agua con cierta turbidez; sin embargo, en otras condiciones la selección de zonas someras aumenta.

E.4. Desarrollo del modelo hidráulico.

La modelización del hábitat físico necesita de intensos trabajos de campo destinados a seleccionar el tramo adecuado para la simulación, caracterizar su morfología y recopilar los valores de las principales variables hidráulicas.

E.4.1. Reconocimiento integral y elección del tramo de simulación.

Una vez seleccionados los sitios de la cuenca donde se llevará a cabo la aplicación del método hidrobiológico, es necesario identificar un tramo que contenga una buena representación de mesohábitat o unidades morfodinámicas (pozas, rápidos). Para la selección de subtramos se llevarán a cabo las siguientes fases:

i. Identificación del tramo y recorrido integral. Una vez seleccionado el tramo se realizará una identificación preliminar mediante ortofoto, identificando, en la medida de lo posible y si la vegetación de ribera no oculta en la imagen la lámina de agua, los cambios de mesohábitat, barreras e irregularidades que puedan afectar al flujo. Mediante esta primera identificación se realizará una selección preliminar del tramo de la masa de agua donde debe realizarse una prospección detalla en campo para la identificación de los mesohábitat presentes. Posteriormente se realizará un recorrido integral del sector para identificar todos los mesohábitat.

ii. Selección del tramo de modelación. El análisis de los datos recopilados permitirá seleccionar un tramo de la corriente que tenga una proporción semejante. Es recomendable que el tramo seleccionado cuente con una serie de características hidráulicas que facilitarán

la calibración del modelo. En particular debe intentarse que el subtramo elegido termine en una poza con el fin de independizar las condiciones hidráulicas del tramo de posibles alteraciones aguas abajo del mismo, también es recomendable que en el tramo puedan existir secciones de control o transectos que permiten realizar aforos de buena calidad, siendo recomendable situar el comienzo del tramo en una de estas secciones, en las que posteriormente se calibraran las curvas de gasto del modelo.

iii. Marcaje del tramo. Una vez seleccionado el tramo es necesario realizar el marcaje de los transectos en todas las transiciones de mesohábitat, el tramo inicial y final y todos aquellos que se consideren oportunos para recoger la variabilidad de las condiciones de microhábitat que se producen dentro de cada mesohábitat. El número de transectos dependerá de los mesohábitat presentes, de su longitud y de la longitud total del tramo. Pero como recomendación media no deberían ser inferiores a 10 y no es recomendable por economía de recursos realizar más de 30 transectos, siendo razonable localizar entre 15 y 20.

E.4.2. Campañas de campo.

Una vez seleccionados los subtramos e identificados los transectos es necesario realizar las campañas de campo destinadas a realizar los trabajos de topografía e hidrometría necesarios para la construcción y calibración de los modelos.

i. Topografía. Mediante el uso nivel óptico o láser, estación total o GPS de alta precisión, se realizará de forma detallada la caracterización topográfica del lecho y de la ribera (FIGURA E.4). En cada transecto se llevará a cabo un levantamiento topográfico, que permita definir el perfil transversal con precisión, incluyendo el levantamiento de las orillas y de la zona de cauce que pueda aparecer en seco. Este levantamiento debe permitir definir el perfil de la sección transversal (bank-full), por lo que es conveniente extenderse suficientemente por las riberas en la toma de datos.

ii. Hidrometría e hidráulica. Adicionalmente a los trabajos de topografía se realiza la medición de velocidad y de alturas de lámina de agua, referenciándolas a los trabajos topográficos realizados. El procedimiento consiste en partir de una de las orillas y tomar medidas de profundidad a intervalos preestablecidos, en función de la anchura del cauce. Se recomienda no realizar mediciones a intervalos superiores a 1/10 de la anchura del cauce en el transecto. No obstante, estos intervalos se pueden variar con el fin de caracterizar mejor las posibles irregularidades del lecho o de la corriente. Además de estas variables básicas, se deberá determinar la pendiente longitudinal del tramo y el coeficiente de rugosidad ó fricción de la sección y los coeficientes de rugosidad de cada una de las celdas en que se subdivide la sección.

iii. Otros datos a recopilar en campo. Es recomendable recopilar en campo los siguientes datos adicionales a los ya comentados:

- Elaborar un esquema de cada transecto que refleje las irregularidades del flujo, del sustrato y de la ribera;
- Identificar las áreas sombreadas y los refugios aparentes observados;
- Obtener fotos hacia aguas abajo y hacia aguas arriba de cada transecto;
- Registro de porcentajes de sustratos en cada punto de medida.

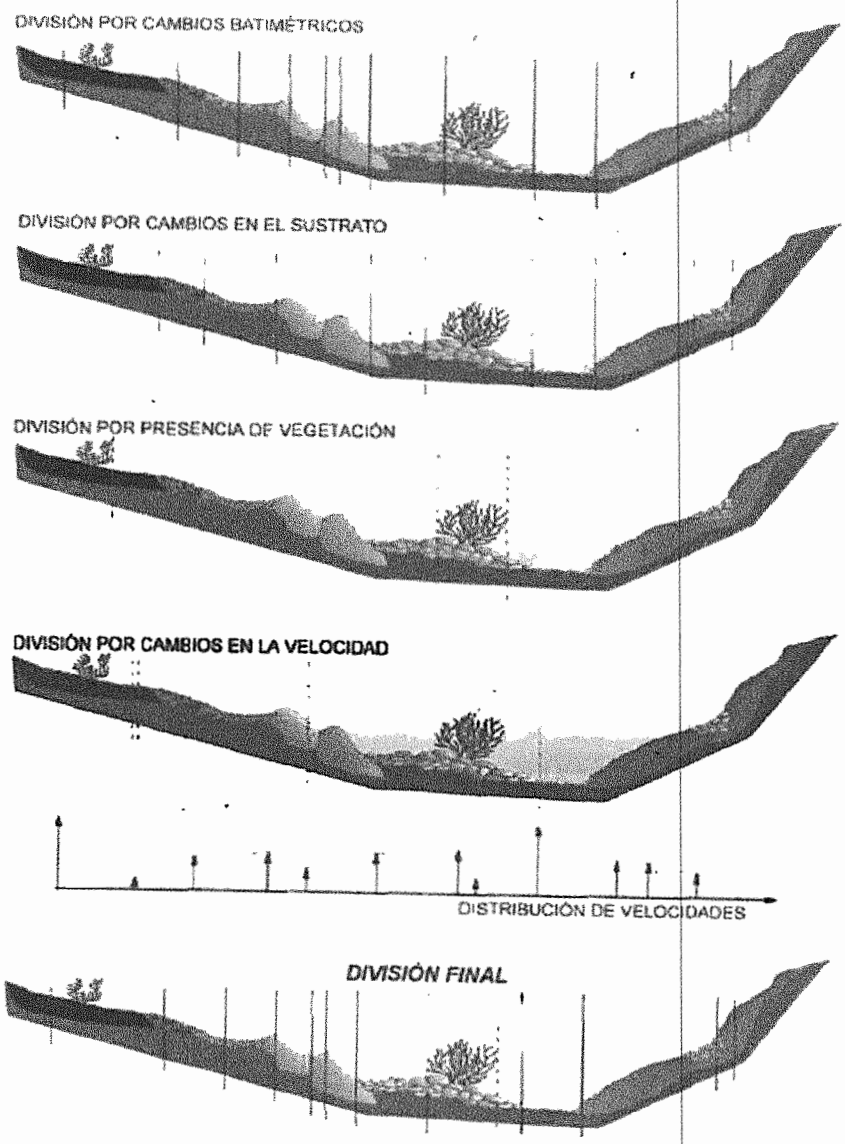


FIGURA E.4. Ubicación de los puntos a tomar en aquellas singularidades del lecho; se modifica la anchura de las celdas con el fin de obtener mayor precisión en la determinación de su perfil.

E.5. Evaluación del hábitat fluvial.

Una vez evaluados todos los elementos del tramo en estudio (estructura física del cauce, parámetros hidráulicos que rigen el escurrimiento y disponibilidad de refugio), se procede a estudiar los efectos originados por los cambios de caudal que vayan a producirse. El proceso de simulación hidráulica permite conocer para cada caudal circulante las profundidades y velocidades medias en cada celda del transecto, la anchura real del cauce, la superficie de la sección, su profundidad y velocidad media, su perímetro mojado y su radio hidráulico.

Elegida una especie o especies objetivo y conocidas sus preferencias de hábitat, se trata de realizar un cálculo de los cambios que la variación de caudal introduce en la habitabilidad del tramo. Las funciones de preferencia reflejan la predilección o tolerancia de una especie hacia los distintos valores, que puede tomar un determinado parámetro del hábitat. La preferencia puede

evaluarse en función de la probabilidad de encontrar un organismo en condiciones determinadas, valorándola de 0 a 1. Disponiendo de estas funciones, se puede cuantificar la habitabilidad para un determinado caudal en función de la idoneidad de las condiciones que este genera. El parámetro que evalúa el Hábitat Potencial Útil (HPU), es un indicador del área utilizable por la especie objetivo, descontados aquellos puntos desfavorables que puedan producirse a lo ancho de la sección.

Realizada la simulación, la obtención de las curvas HPU/Caudal es inmediata: por simulación hidráulica se obtienen los caudales circulantes y la simulación del hábitat entrega los valores de HPU correspondientes, obteniéndose así una serie de pares de valores HPU/caudal para cada transecto.

E.6. Formulación de propuestas de caudales ecológicos.

Sobre la base de las variaciones de habitabilidad en relación al caudal, se pueden proponer diferentes caudales ecológicos según se atienda a criterios estrictamente biológicos o combinados éstos con criterios hidrológicos. Las opciones más frecuentes son:

E.6.1. Criterios para formular propuestas de caudales mínimos.

1. Caudal óptimo potencial. De la observación de las curvas HPU/caudal, surge de inmediato un caudal denominado óptimo potencial, que es aquel correspondiente al máximo que alcanzan estas curvas. Este caudal, produce un máximo potencial de hábitat en el tramo o sección en cuestión. Mayor cantidad de agua no va a suponer más cantidad de hábitat y, en algunos casos, supondrá una merma en la habitabilidad. Este óptimo potencial puede requerir una gran cantidad de agua que, ni siquiera de forma natural, existirá de manera continua, salvo raras excepciones.

2. Caudal óptimo. Las curvas HPU/caudal presentan un punto de inflexión, que marca un cambio de comportamiento significativo en el cauce. Para este caudal, los beneficios en hábitat son máximos con el mínimo de caudal posible. Diversos autores recomiendan este criterio. La serie de caudales óptimos correspondientes a cada estadío vital, trasladada a cada época del año, en la que el tramo de río estudiado es utilizado por uno u otro estadío, puede proporcionar un régimen de caudales ecológicos óptimo. De esta manera, la época de freza estaría marcada por el caudal óptimo para freza de la especie objetivo; posteriormente y con los alevines presentes en el cauce, se define el caudal óptimo para este estadio; avanzando su desarrollo, se determina un caudal óptimo para juveniles, y en todo caso, se comprueban los efectos de estos caudales sobre los adultos.

3. Caudales mínimos. Los caudales óptimos presentados anteriormente son caudales que exclusivamente tienen en consideración las necesidades de las especies acuáticas. En casos donde existe una fuerte presión por los recursos hídricos, se debe estudiar una disminución de los caudales ecológicos respecto a los óptimos biológicos. Para la determinación de estos caudales ecológicos de menor cuantía, se deberán utilizar los conocimientos existentes sobre la población de la especie objetivo (su historia natural y su dinámica) junto con la evaluación del hábitat realizada.

E.6.2 Criterios para la determinación del régimen de caudales ecológicos.

Para determinar un régimen anual de caudales ecológicos se deberá considerar la fenología de las especies consideradas. Los procesos biológicos más relevantes son:

1. Migraciones pre-reproductoras: Los caudales ecológicos deberán garantizar la posibilidad de paso de las especie en aquellos puntos críticos presentes en el tramo. Estos caudales deberán mantener una profundidad suficiente y unas velocidades adecuadas. Las funciones de preferencia de la especie en cuestión, indicarán las magnitudes óptimas o, al menos tolerables para dichos parámetros.

2. Freza: Se recomienda determinar un caudal adecuado para la época de freza, según los criterios previamente analizados. Durante este estadio se debe intentar maximizar las posibilidades de reproducción. No obstante, hay que considerar la geomorfología de la zona, de tal forma que, los requerimientos de caudal no impongan zonas de freza de difícil acceso y escaso uso, que demanden caudales circulantes muy altos. Así mismo, considerando la fenología de la zona, se comprobará la posibilidad de que en meses posteriores algunas zonas de freza no queden en seco y se pierdan los organismos.

3. Incubación y alevinaje: Es evidente que durante el período de incubación los caudales deben ser iguales o menores que los de freza; de tal forma que, no queden zonas en seco donde puedan existir embriones. Posteriormente, y según se van produciendo las eclosiones el caudal puede ir disminuyendo de magnitud (según los alevines vayan siendo más móviles), hasta alcanzar unos valores adecuados al estadío vital y la época del año de que se trate.

4. Época de estiaje: Además de atender a la fenología de la zona y a la distribución natural de caudales, se deben considerar las necesidades de los adultos que, de forma general, puede resultar ser el estadío más exigente en esta época del año. Sin embargo, se tendrá en cuenta que los peces se acumularán en aquellas zonas del tramo más favorables para su subsistencia, y que incluso es posible la interrupción temporal del paso en aquellos puntos críticos.

APÉNDICE NORMATIVO F

METODOLOGÍA HOLÍSTICA PARA DETERMINAR EL RÉGIMEN DE CAUDAL ECOLÓGICO EN CORRIENTES O CUERPOS DE AGUA NACIONALES A NIVEL DE CUENCA HIDROLÓGICA CON BASE EN KING et al. (2000)

La generación de propuestas para la determinación de caudal ecológico por medio de alguna metodología holística, surge a partir de la experiencia ganada por la Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P., propia de una adaptación al contexto mexicano de la metodología de Construcción por Bloques (Building Block Methodology–BBM). Éstas propuestas se deberán generar fundamentadas conforme a las características particulares de las zonas estudiadas, en particular debe identificar el significado ecológico de los diferentes componentes del régimen hidrológico, y su relación con la importancia ecológica y el impacto en los usos del agua. Los análisis realizados deben permitir la evaluación de escenarios de conservación, o el riesgo presumible de diferentes alternativas de gestión del recurso hídrico, para los diferentes objetivos de conservación.

La determinación del régimen de caudal ecológico mediante el uso de metodologías holísticas, es recomendable para casos donde se requiere detallar propuestas de caudal ecológico dada la complejidad, dificultad o conflictividad social o ambiental, ocasionadas por:

- Conflictos potenciales entre los caudales ecológicos y el resto de usos del agua, en cantidad y estacionalidad;
- Áreas de interés prioritario para su conservación (ANP, sitios Ramsar), Regiones Prioritarias de la CONABIO, sitios de importancia para la biodiversidad marina y terrestre donde los resultados de caudal ecológico previsiblemente causen un impacto sobre las mismas;
- En el caso de ecosistemas que por sus características funcionales no se aborde adecuadamente la determinación de los caudales ecológicos mediante métodos hidrológicos, hidráulicos o hidrobiológicos (lagos, lagunas, humedales o estuarios);
- Estudios de factibilidad para el desarrollo de proyectos;
- Sitios de referencia en las cuencas donde se pongan en práctica programas específicos de monitoreo o sirvan para desarrollar el conocimiento de la práctica de los caudales ecológicos.

F.1. Actividades preliminares.

Se deberá integrar información actualizada del sitio mediante la participación de un grupo multidisciplinario de expertos que abarque las siguientes áreas de conocimiento: hidrología, hidráulica, geomorfología, calidad del agua, geohidrología, vegetación, peces, macroinvertebrados acuáticos y aspectos socioeconómicos.

---

2 Para mayor detalle sobre esta metodología, referirse a King J.M., R.E. Tharme and M.S. de Villeers (editors). 2000. Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology. Water Research Commission Report No.: TT 131/00. Freshwater Research Unit, University of Cape Town, South Africa.

F.2. Unidades de estudio de caudal ecológico.

La cuenca hidrológica será considerada como la unidad primordial de análisis que engloba el estudio o evaluación del caudal ecológico conforme a las unidades de gestión definidas por el estudio de disponibilidad NOM-011¬CONAGUA-2000.

La unidad de estudio de caudal ecológico (UECE) consiste en la escala de análisis en el territorio de la cuenca, que define la unidad para la evaluación, manejo y administración del caudal ecológico. Se refiere a los cuerpos de agua superficiales (ríos, lagos, lagunas u otros humedales) o parte de ellos, en una misma cuenca hidrológica, que presentan el mismo régimen hidrológico y al que se le asigna el mismo objetivo ambiental.

Las UECE quedarán establecidas por cuencas, subcuencas o tramos específicos de una corriente en función de su importancia ecológica, al nivel de presión en el uso del agua y a la presencia de infraestructuras de origen antrópico que puedan alterar el régimen hidrológico. Las condiciones en los factores antes mencionados deben ser similares en cada UECE.

Los elementos y aspectos de la escala de análisis a determinar son los siguientes:

1. Cuenca hidrológica: Escala de análisis principal en donde se integran las propuestas de caudal ecológico provenientes de unidades de estudio y sitios de referencia. Representa la unidad de planificación hídrica;

2. Unidades de estudio de caudal ecológico (UECE). Cuerpos de agua superficiales (ríos, lagos, lagunas u otros humedales) o parte de ellos, en una misma cuenca hidrológica, que presenten el mismo régimen hidrológico y al que se le puede asignar el mismo objetivo ambiental. Representa la subunidad de gestión hídrica al interior de una cuenca hidrológica;

3. Sitios de referencia: Tramos o secciones del cuerpo de agua en la UECE donde se realizan los análisis detallados o el monitoreo de caudal ecológico. Representa la subunidad más fina de estudio, cuyos resultados se incorporan a la UECE correspondiente y posteriormente a la cuenca hidrológica. Su ubicación deberá ser asignada conforme a lo siguiente:

   - Zonas de alta importancia ecológica, particularmente aquellas sometidas a presión;
   - Presencia de infraestructuras que afecten el régimen hidrológico;
   - Zonas representativas de los estudios de disponibilidad
   - Conocimiento de la zona por parte de expertos y disponibilidad de información hidrológica, biológica o cualquier otra que a juicio de los expertos deba ser considerada.

El procedimiento para determinar la escala de análisis es el siguiente:

1. Identificar la unidad de gestión del estudio de disponibilidad NOM¬011-CONAGUA-2000 o la cuenca hidrológica.

2. Dependiendo de la finalidad del estudio de caudal ecológico, la asignación de escala de análisis será como se detalla a continuación:

a. Planificación hídrica: Abordar el estudio conforme las unidades de gestión en los estudios de disponibilidad, es decir, cuenca hidrológica;

b. Gestión hídrica: Identificar las UECE conforme a la presencia de infraestructura hidráulica o hidroeléctrica presente en la cuenca hidrológica;

c. Gestión hídrica nivel avanzado y evaluación detallada de proyectos: Adicionalmente a lo señalado en el inciso anterior, identificar al menos un sitio de referencia en cada UECE de la cuenca hidrológica donde se requiera mayor detalle de información (análisis in situ). Estos sitios deberán ser representativos de la UECE conforme a su importancia ecológica, presión de uso y al conocimiento de la zona por parte de un grupo de expertos para:

- Resolver conflictos entre los usuarios;
- Validar o calibrar los resultados de caudal ecológico;
- Programas de manejo de Áreas Naturales Protegidas;
- Desarrollar la factibilidad de proyectos;
- Evaluar impactos potenciales graves a la cuenca o un área con un valor natural excepcional (Áreas Naturales Protegidas o sitio Ramsar) por una obra hidráulica o hidroeléctrica.

F.3. Selección de sitios de referencia.

Se debe realizar una evaluación preliminar para la identificación de sitios de referencia con fotografías aéreas, sobrevuelos o imágenes de satélite. Los sitios de referencia son aquellos donde se lleva a cabo un estudio detallado, que incluye monitoreos en las áreas de conocimiento para generar información detallada del sitio y deberán ser identificados en función de la extensión del cuerpo de agua, su diversidad biológica y los recursos disponibles, aplicando los siguientes criterios:

- Facilidad para el acceso.
- Alta diversidad de hábitat físico para especies acuáticas y riparias y su representatividad de las unidades de estudio de caudal ecológico;
- Hábitat crítico para especies endémicas o bajo algún estatus de protección;
- Hábitat sensible a la variación de caudales;
- Facilidad para desarrollar el modelo hidráulico;
- Proximidad a estaciones de aforo con información hidrométrica disponible;
- Aceptación por la mayoría de los especialistas participantes;
- Otros criterios: aguas arriba de afluentes importantes, estado de conservación característico de la zona, relación con proyectos relevantes o con potencial de sitio de monitoreo.

Los sitios de referencia deberán tener una dimensión general de al menos cinco veces el ancho del cauce federal. Para cada uno, las áreas de conocimiento podrán seleccionar su propia área o sitio de trabajo, según sus necesidades técnicas, para desarrollar los estudios correspondientes.

Los sitios de referencia no deben ubicarse en meandros, planicies arenosas de baja diversidad o zonas estancadas que impidan desarrollar un modelo hidráulico.

Los sitios de referencia podrán ser utilizados para monitorear la ocurrencia del caudal ecológico y el cumplimiento de los objetivos de conservación, con base en los Indicadores Ecológicos y de Gestión del Agua que sean oportunamente identificados.

F.4. Talleres de discusión para la propuesta de caudal ecológico.

A partir de la información, análisis y productos generados por cada una de las disciplinas (véase F.6), se realizarán sesiones de trabajo para la discusión del estado ecológico actual, importancia ecológica y sensibilidad, objetivos de conservación, identificación de especies objetivo y escenarios hidrológicos, para posteriormente integrar la propuesta de caudal ecológico para la unidad de estudio de caudal ecológico.

El contenido y pasos a seguir en estas sesiones de discusión es el siguiente:

a. Evaluación de las condiciones de referencia del sitio. Cada una de las disciplinas deberá exponer al grupo un esbozo de las condiciones naturales del sitio con los parámetros correspondientes (especies características, valores típicos de la calidad de las aguas, régimen hidrológico natural y vegetación de ribera, entre otros). En caso de que el sitio se encuentre degradado actualmente, estas condiciones serán extrapoladas desde cuencas próximas con características hidrológicas y ecológicas similares y que permanezcan en condiciones naturales. Estas condiciones de referencia también podrán ser obtenidas mediante modelos, o bien, mediante juicio de expertos.

b. Evaluación de la importancia ecológica y sensibilidad. En función de la presencia y abundancia de los diferentes taxones, se evaluará su importancia ecológica a nivel local, regional, nacional e internacional (véase 5.2.1.1). Para valorar esta importancia ecológica también se tendrá en cuenta, entre otras, el grado de endemicidad, rareza y la riqueza de especies. El conjunto de hábitats y especies permitirá realizar una valoración de la sensibilidad del tramo al cambio en las condiciones hidrológicas y ecológicas.

c. Determinar el estado ecológico actual y el estado actual de la presión por el agua (demanda). La caracterización de las condiciones de referencia permite evaluar el estado ecológico actual del sitio en relación a su desviación respecto a dichas condiciones naturales. El análisis de las presiones que sufre el sitio (entre otras la extracción y regulación de caudales, contaminación o las especies invasoras) permitirá comprender, si es el caso, las causas de degradación del sitio y las medidas adecuadas para su recuperación o restauración. En este aspecto se prestará especial atención a la alteración hidrológica del sitio, considerando la modificación de los caudales mínimos, la estacionalidad de los mismos o el régimen de avenidas.

d. Identificación de especies objetivo y procesos dominantes. En determinados casos será de utilidad identificar especies que por razones de su

sensibilidad respecto a las variables físicas del río (fundamentalmente profundidad y velocidad de la corriente) permitan evaluar con mayor facilidad los diferentes escenarios de caudales ecológicos. También se pondrá atención a los procesos ecológicos, hidrológicos o geomorfológicos característicos del sitio, tales como los procesos naturales de cese de caudal (en ríos temporales), geomorfologías características como los cauces trenzados o la conexión con las aguas subterráneas.

e. Magnitud de caudal base. De particular interés resulta identificar la magnitud de caudal base como descarga natural comprometida del acuífero asociado, su funcionalidad con relación al régimen hidrológico natural e importancia de éste sobre las especies objetivo y los procesos dominantes.

f. Establecimiento de objetivos de conservación. En esta fase se debe plantear el estado de conservación potencial más elevado, teniendo en cuenta además las condiciones actuales que causan su degradación (grado de reversibilidad) y la voluntad de las partes interesadas. El estado de conservación deseado deberá ser traducido en términos de abundancia o presencia de determinadas especies (peces, macroinvertebrados u otros grupos biológicos), la composición y estructura de la vegetación de ribera o las características de calidad del agua.

g. Formular de la propuesta de caudales a partir de los objetivos de conservación. Se trata de una fase de integración donde se deberá identificar con base en la información aportada por las áreas de conocimiento (compilada con anterioridad u obtenida en campo), la relación existente entre la alteración de cada componente del régimen hidrológico y en su caso la respuesta ecológica a esta alteración. La propuesta de caudales ecológicos deberá considerar al menos un régimen de caudales ecológicos para años secos y medios. Para cuantificar cada componente del régimen de caudales se partirán de los caudales naturales característicos del sitio, considerando específicamente su rango natural de variabilidad. El ejercicio consiste en ir desplazándose desde las condiciones medias de cada estación del año (caracterizadas por el valor de caudal correspondiente al percentil 50) hasta las condiciones naturales más extremas (percentil 0). En este proceso, cada una de las disciplinas deberá identificar a partir de variables físicas (profundidad o velocidad de la corriente) u otras variables de calidad del agua, intervalos hidrológicos con los cuales el objetivo propuesto no sería alcanzado. Esos valores intervalos son los que definen el valor de caudal ecológico propuesto. Además, en caso de sistemas con presencia de infraestructura se deberán especificar las condiciones del régimen de avenidas con al menos sus atributos de magnitud, duración, frecuencia, momento de ocurrencia y tasa de cambio.

F.5. Integración de la información y propuesta final.

El análisis, la discusión y los resultados de la determinación de caudal ecológico para la cuenca hidrológica deberán documentarse de manera clara y precisa. Esta documentación debe permitir su revisión, monitoreo y evaluación periódica.

El contenido de los informes deberá ser el siguiente:

1. Descripción de la cuenca hidrológica.

2. Selección y características de Unidades de Estudio de Caudal Ecológico (UECE).

3. Determinación preliminar de caudales ecológicos por medio de alguna aproximación hidrológica detallada que incluya el régimen de caudal ordinario estacional y el de avenidas.

4. Identificación de UECE para ser evaluadas mediante BBM.

5. Evaluación del análisis detallado de la UECE.

   a. Selección de sitios de referencia

   b. Propuesta de régimen de caudales ecológicos.

6. Evaluación de detalle para proyectos de infraestructura.

7. Balance de integración de los valores de caudal ecológico al estudio de disponibilidad de la cuenca hidrológica.

8. Apéndices. Fichas técnicas de cada sitio de referencia analizado.

F.6. Información, estructura y análisis recomendados.

Los objetivos del análisis, elementos a analizar, información recomendada y productos para las diferentes disciplinas involucradas, de manera enunciativa más no limitativa, que se deberán generar tras la obtención de información existente y levantada en campo, se presentan a continuación.

Hidrología

Objetivo del análisis:

- Conocer el funcionamiento hidrológico de los ecosistemas acuáticos epicontinentales con la caracterización de los valores habituales y extraordinarios de caudal de una corriente, así como sus tendencias de evolución;
- Evaluar los cambios que se han introducido en un río por efecto del uso del agua;
- Conocer la relación existente entre las aguas subterráneas y superficiales en la UECE, en particular en el sitio de referencia, para identificar si se trata de un río perene, intermitente o efímero.

Elementos a analizar.

Se deberán analizar los diferentes componentes del régimen hidrológico:

- Caudales mínimos y su distribución a lo largo del año;
- Caudales máximos y su distribución a lo largo del año;
- Régimen de avenidas;
- Tasa de cambio.

Se recomienda utilizar la aproximación metodológica del APÉNDICE NORMATIVO D – Aplicación D.2.

Información recomendada:

- Información hidrológica expresada en forma de caudales o aportaciones procedente de la red de estaciones hidrométricas, datos procedentes del balance de embalses o modelos Precipitación-Escurrimiento desarrollados al efecto;

- Las series hidrológicas deberán estar a escala diaria, con una extensión mínima superior a 20 años. No obstante, este lapso de tiempo es considerado el mínimo deseable, por lo que en aquellos casos donde no sea posible contar con una serie con este periodo de tiempo, podrá utilizarse un periodo de tiempo inferior, siempre y cuando este sea representativo de todos los años bajo distintas condiciones hidrológicas (años muy secos, secos, medio y húmedos);

- El periodo que abarquen las series deberá ser representativo de las condiciones hidrológicas de la zona, incluyendo años húmedos, medios, secos y muy secos, conforme al régimen mensual dado por los percentiles 75, 25, 10 y 0, respectivamente;

- Cuando no exista información específica de una cuenca, se podrán emplear los datos de una cuenca colindante siempre y cuando se empleen las técnicas hidrológicas adecuadas y las extrapolaciones se realicen con la suficiente confiabilidad;

- Para completar los análisis se emplearán series en régimen natural y en régimen de uso o actual (si es el caso).

Productos:

- Caracterización del régimen natural.

    - Caudales mínimos y su distribución a lo largo del año. Emplear el análisis de percentiles sobre series a escala mensual, utilizando el intervalo de percentiles entre 5-25;

    - Caudales máximos y su distribución a lo largo del año. Emplear el análisis de percentiles sobre series a escala mensual, utilizando el intervalo de percentiles entre 75-95;

    - Régimen de avenidas. Identificar la magnitud de la avenida máxima ordinaria, con los criterios definidos en la Ley de Aguas Nacionales. La avenida máxima ordinaria también se podrá definir con criterios geomorfológicos. A partir de este valor umbral analizar sobre la serie histórica natural la duración, frecuencia, duración y momento de ocurrencia de aquellos caudales por encima del valor establecido;

    - Tasa de cambio. Se establecerá una tasa máxima de cambio, definida como la máxima diferencia de caudal entre dos valores sucesivos de una serie hidrológica por unidad de tiempo, tanto para las condiciones de ascenso como de descenso del caudal.

Se calcularán las series clasificadas anuales de tasas de cambio, tanto en ascenso como en descenso. Al establecer un percentil de cálculo en dichas series, se podrá contar con una estimación media de las tasas de cambio. Se recomienda que dicho percentil no sea superior al 90-70%, tanto en ascenso.

En casos particulares será necesario considerar otra escala temporal que permita limitar la tasa de cambio a nivel horario.

- Caracterización del régimen hidrológico modificado y evaluación de la alteración.

- Se caracterizarán los mismos elementos del régimen hidrológico que se emplearon para la caracterización del régimen natural, es decir, caudales mínimos y máximos y su distribución, régimen de avenidas y tasa de cambio. Para ello se utilizarán los mismos criterios numéricos (percentiles y magnitud de avenidas tipo);

- Se compararán los valores obtenidos en las condiciones del régimen natural de referencia con las condiciones de uso del agua. Los cambios observados entre ambas condiciones (natural y en uso) representan la alteración hidrológica;

- Se considerará que la desviación es significativa cuando la magnitud del parámetro anual o mensual se desvía significativamente de los valores del percentil del 10% al 90% de la serie en régimen natural.

Hidráulica

Objetivos del análisis:

- Caracterización hidráulica secciones transversales en los sitios de referencia. Se seleccionará la sección transversal que limite las condiciones hidráulicas por su menor profundidad, mayor susceptibilidad para secarse y perder conectividad.

Elementos a analizar.

- Perfiles o secciones longitudinales y transversales levantadas en campo incluyendo sus características hidráulicas, así como los caudales circulantes por dichas secciones.

Información recomendada:

- Levantamientos topográficos de la sección transversal y longitudinal del sitio de referencia.

- Características hidráulicas tales como, sección, pendiente, curvas de frecuencia, velocidad y profundidad media, así como cualquier otra que a juicio del experto sea importante de analizar.

- Aforos que deberán realizarse al mismo tiempo que los estudios biológicos.

Productos.

- Modelo hidráulico unidimensional que permita establecer para los diferentes escenarios de caudal los parámetros hidráulicos asociados (velocidad y profundidad).

Geomorfología

Objetivos del análisis.

- Caracterizar la forma del cauce resultado de la relación erosión – sedimentación a partir del escurrimiento del agua, los materiales y sedimentos que por el mismo discurren y se depositan;

- Determinar la calidad y disponibilidad de hábitat a través de variables hidráulicas, así como la proporción, distribución y tamaño del sustrato.

Elementos a analizar.

- Localización, fuentes de aportación y características de los sedimentos con base al origen geológico y tipos de suelos susceptibles a erosión en la cuenca;
- Características del valle de influencia al cauce, el tipo cauce y corriente;
- Perfil longitudinal, transversal y grado de dinamismo en la sinuosidad del cauce y de la vegetación de ribera;
- Tipo, tamaño y distribución del sustrato presente en el cauce.
- Relación erosión – sedimentación.

Información recomendada:

- Topografía, relieve y tipo de suelos presentes en la UECE;
- Pendiente longitudinal basado de carta topográfica y longitud total del cauce;
- Pendiente de laderas de influencia al cauce, así como su amplitud y la del canal con agua, además de las formas de deposición de sedimentos y vegetación dentro del mismo;
- Grado de sinuosidad del cauce;
- Tipo y tamaño del sustrato presente en el cauce;
- Fotografías aéreas o imágenes de satélite tomadas en distintos momentos.

Productos.

- Identificación de zonas para la contribución de sedimentos y su tipo dentro de la cuenca;
- Clasificación geomorfológica.
    - Tipo de valle de influencia;
    - Tipo de cauce – canal;
    - Tipo de corriente;

- Perfiles del cauce.
    - Longitudinal;
    - Transversal

- Índice de sinuosidad del cauce – canal;
- Clasificación granulométrica del sustrato presente en el cauce.

Calidad del Agua

Objetivos del análisis.

- Identificar principales impactos directos y potenciales sobre los parámetros físico-químicos del agua;
- Identificar la relación entre los caudales circulantes, los parámetros físico-químicos del agua y la biota presente en río;
- Identificar los usos del suelo predominantes en la UECE y su contribución como fuente de aportación de contaminación difusa;
- Determinar el estado actual de la calidad del agua.

Elementos a analizar.

- Impacto del conjunto de información físico-química del agua sobre la biota, al menos de forma estacional a lo largo del ciclo anual, y particular de forma interanual para zonas áridas. De ser posible, también se deberá analizar la tendencia histórica a lo largo del tiempo de este impacto;

- Impacto de la magnitud, duración y periodos de retorno de los caudales bajos y altos sobre la calidad del agua. De ser posible, también se deberá analizar la tendencia histórica a lo largo del tiempo de este impacto.

Información recomendada:

- Parámetros físico-químicos.

  - Variables del sistema: pH, temperatura del agua y oxígeno disuelto;
  - Componentes no tóxicos: conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales y en suspensión, cationes y aniones base;
  - Nutrientes: Fósforo total, fosfato soluble reactivo, nitrógeno total, nitratos, nitrógeno amoniacal y carbón orgánico total;
  - Componentes tóxicos: metales pesados, pesticidas, hidrocarburos y todos aquellos de los cuales se sospeche su presencia.

Productos.

- Listado de intervalos de tolerancia cualitativos de la biota a los cambios en la calidad del agua, en particular para las especies más sensibles seleccionadas previamente (bioindicadores);

- Presencia de aguas residuales, nivel de saturación de la capacidad de dilución y asimilación y estado actual de la calidad del agua en la UECE.

Geohidrología

Objetivos del análisis.

- Conocer la interacción de las aguas subterráneas con la corriente principal;
- Determinar caudales de base y entender su evolución en el tiempo;
- Determinar el porcentaje de aportación de las aguas subterráneas al escurrimiento medio anual.

Elementos a analizar.

- Dinámica del acuífero asociado (dirección de flujo, descarga natural, recarga, aportaciones y extracciones);

- Aportación del agua subterránea a los ríos y humedales como caudal base (en particular en aquellos perennes), así como el suministro de agua para la biota del sistema en temporadas de estiaje.

Información recomendada:

- Geología, litología, topografía, estratigrafía y fisiografía de la UECE;
- Información de niveles piezométricos en la cuenca hidrológica o la
- Características del acuífero en la cuenca hidrológica o la UECE (capacidad de almacenaje, potencial de recarga y volumen de extracción de agua.);
- Calidad del agua subterránea.

Productos.

- Modelo conceptual sobre el funcionamiento, cantidad de aportación de agua y el papel que juegan los acuíferos en la UECE de forma intra
- e interanual.

Vegetación

Objetivos del análisis.

- Caracterizar la estructura, composición y distribución espacial – vertical y temporal– de la vegetación en el cauce (incluyendo la zona riparia) mediante un perfil transversal en el mismo;
- Vincular e identificar la magnitud, duración y periodos de retorno de los caudales bajos y altos que la vegetación acuática y riparia necesita para proveer sus funciones y servicios;
- Análisis retrospectivo y tendencial a partir de la información histórica de presencia (listado de especies).

Elementos a analizar.

- Porcentaje de cobertura vegetal, altura media y abundancia de cada especie;
- Estructura y composición del bosquete o manchón de vegetación;
- Impacto de la magnitud, duración y periodos de retorno de los caudales bajos y altos en la vegetación.

Información recomendada:

- Listado de especies y su distribución espacial de la vegetación acuática y riparia en el cauce y el bosque de galería contiguo al mismo;
- Caracterización hidrológica a partir de información hidrométrica y del nivel que alcanzan los caudales altos y bajos en los cauces;
- Pendiente transversal en ambos márgenes, la exposición de las laderas, su altitud, distancia horizontal y altura vertical desde el nivel del agua hasta los límites más altos y bajos de cada zona de vegetación, características del valle donde se encuentra inmerso el río y otras de la vegetación adyacente;
- Tipo de sustrato y las características del suelo en cada zona de vegetación;
- Signos de erosión, depósito de sedimentos, otros disturbios presentes (entre ellos los antrópicos) en cada zona de vegetación y signos de cambios históricos de posición del cauce.

Productos.

- Identificación de la composición y estructura en las poblaciones y comunidades de especies de vegetación acuática y riparia;
- Elaborar el perfil de vegetación acuática (macrófitos y algas) y riparia (pastos, arbustos y árboles) asociando a zonas con distintos niveles de inundación equivalente a 5 veces la anchura o amplitud media del cauce;
- Identificar la magnitud, duración y periodos de retorno de los caudales necesarios para inundar cada una de las zonas o bandas del cauce en las que se encuentra la vegetación riparia.

Macroinvertebrados

Objetivos del análisis.

- Caracterizar la estructura, composición y distribución especial y temporal de macroinvertebrados acuáticos;
- Vincular e identificar los requerimientos hidrológicos e hidráulicos necesarios para la formación y configuración del hábitat acuático que da soporte a las comunidades de macroinvertebrados;
- Análisis retrospectivo y tendencial a partir de la información histórica de presencia (listado de especies).

Elementos a analizar.

- Índice de abundancia relativa de cada especie de macroinvertebrados;
- Estructura y composición de poblaciones y comunidades de macroinvertebrados, así como del hábitat en los que habitan;
- Impacto de la magnitud, duración y periodos de retorno de los caudales bajos y altos en los macroinvertebrados.

Información recomendada:

- Listado histórico y actual de especies (o al menos familias) de macroinvertebrados acuáticos y su distribución espacial y temporal en el hábitat acuático epicontinental;
- Listado, tipo de sustrato y distribución espacial y temporal del hábitat;
- Caracterización hidrológica a partir de información hidrométrica y del nivel que alcanzan los caudales altos y bajos en los cauces.

Productos.

- Identificación de la composición, estructura y abundancia de las poblaciones y comunidades de macroinvertebrados acuáticos;
- Listado para las especies sensibles seleccionadas sobre la cuantificación de intervalos de tolerancia del hábitat hidráulico y en cada hábitat acuático identificado.

Peces

Objetivos del análisis.

- Caracterizar la estructura, composición y distribución espacial y temporal de peces;
- Vincular e identificar los parámetros hidrológicos e hidráulicos críticos para cada especie, asociados al hábitat preferido;
- Evaluar la importancia ecológica de cada especie y la sensibilidad asociada a su ciclo de vida;
- Evaluar la importancia, integridad ecológica, biológica y la sensibilidad del río;
- Análisis retrospectivo y tendencial a partir de la información histórica de presencia (listado de especies).

Elementos a analizar.

- Índices de riqueza, biodiversidad, estructura y composición (ejemplo: IBI);
- Requerimientos ecológicos de los peces;
- Impacto de la magnitud, duración y periodos de retorno de los caudales bajos y altos en los peces.

Información recomendada.

- Listado histórico y actual de la ictiofauna presente en el sitio de referencia;
- Listado del hábitat hidráulico y físico disponible para todo el ciclo de vida de la ictiofauna en cada una de las zonas geomorfológicas del cauce.

Productos.

- Inventario de todas las especies de peces, su importancia ecológica y grado de sensibilidad;

- Identificación de especies como bioindicadores del estado ecológico del río;
- Hábitat hidráulico y físico (geomorfológico) requerido por la ictiofauna en sus diferentes etapas de vida.

Aspectos sociales

Objetivos del análisis.

- Proporcionar información sobre los recursos ribereños y el uso del agua que las comunidades rurales utilizan del río y la relevancia de mantener sus medios de vida.

Elementos a analizar.

- Identificación de grupos de usuarios;
- Descripción de los patrones de uso y consumo, asociados a la disponibilidad del recurso, sus bienes y servicios (cantidad, estacionalidad, sustitutos y frecuencia.);
- Relación de los bienes y servicios con el régimen de caudales en la UECE;
- Identificación de amenazas a los bienes y servicios.

Información recomendada:

- Listado de localidades y poblaciones en la UECE;
- Identificación de los usos del agua y recursos asociados, tales como abastecimiento de agua, pesca, turismo, lavado de ropa u otras prácticas similares, recreación, protección contra eventos extremos, insumos materiales, cuerpo receptor de descargas de aguas residuales o abrevaderos.

Productos.

- Censo de población de los usuarios del agua;
- Patrón de uso y volumen o consumo;
- Bienes o servicios aportados por los recursos ribereños.

6. Vigencia

La presente norma mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de la publicación de su declaratoria de vigencia en el Diario Oficial de la Federación.

7. Bibliografía

- Ley de Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992 y el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones a la Ley, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de junio de 2011.

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992 y el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones a la Ley, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de abril de 2009.

- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre de 1976 y el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones a la Ley, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 17 de junio de 2006.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones a la Ley, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de agosto de 2011.

- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de enero de 1999.

- Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de enero de 2003 y el decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones al Reglamento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 2009.

- NMX-Z-013-1-1977 Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas mexicanas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 1997.

- Arthington A.H., Tharme R.E., Brizga S.O, Pusey B.J., and Kennard M.J., (2004): Environmental Flow Assessment with Emphasis on Holistic Methodologies. Australia. 31 p.

- Arthington, A.H., S.E. Bunn, N.L. Poff y R.J. Naiman (2006). The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. Ecological Applications 16:1311-1318.

- Apse C., E. Kendy, M. De Phillip, S. Flack, C. O'Neill and J. Zimmerman (2009). Ecological Limits Of Hydrological Alteration (ELOHA). 4thUsace Conservancy Partnership Conference, Projects to systems: Restoring and protecting our nation's natural capital, October 26-28, Stevenson, Washington, USA.

- Bovee, K.D., Lamb B.L., J.M. Bartholow, C.B. Stalnaker, J. Taylor, and J. Henriksen (1998): Stream Habitat Analysis Using the In-

stream Flow Incremental Methodology. Fort Collins, CO: U.S. Geological Survey-BRD. Information and Technology Report USGS/BRD/ITR-1998-0004. 130 p.

- Comisión Nacional del Agua (1996): Prueba y validación en una corriente de métodos de cálculo del gasto ecológico. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 249 p.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidady Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2010. Sitios prioritarios para la conservación de los ecosistemas acuáticos epicontinentales. Escala 1:250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional deÁreas Naturales Protegidas. México, D.F.

- Convención de Ramsar. 1971. Convención relativa a humedales de importancia internacional.

- Daviés S. P. y Jackson S.K. (2006). The Biological Condition Gradient: A Descriptive Model for Interpreting Change in Aquatic Ecosystems. Ecological Applications: Vol. 16, No. 4 pp. 1251– 12666.7

- García de Jalón D. y González del Tánago, M. (2004): El concepto de Caudal Ecológico y Criterios para su Aplicación en lo Ríos Españoles. Madrid. Inédito. 10 p.

- García de Jalón, D. (1989): Técnicas hidrobiológicas para la determinación de caudales ecológicos mínimos. Madrid, España.

- García, E.; González, R.; Martínez, P.; Athala, J.; y Paz, G. (1999): Guía de Aplicación de los Métodos de Cálculo de Caudales de Reserva Ecológicos en México. Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 190 p.

- Garrido A., Cuevas M. L. y Cotler H. (2010): El estado de alteración ecohidrológica de los ríos de México. 108-11 pp. En: Cotler H. (Coord). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización, Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P., México, 232 p.

- Garrido A., Cuevas M. L. y Cotler H. (2010):"Evaluación del grado de alteración ecohidrológica de los ríos y corrientes superficiales de México" en Investigación ambiental. Ciencia y política pública, Vol. 2, N° 1.

- Garrido A. Cotler H., Rodríguez Y. 2008. Sistema de consulta de cuencas hidrográficas de México" Diagnóstico de cuencas. Aplicación de internet (http://cuencas.ine.gob.mx/cuenca2/diagnostico.html) Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. Centro Geo A.C., México, D.F.

- Gore, J. A. and Petts, G. E. (eds) (1989): Alternatives in regulated river management. BOCA RATON. CRC Press, Inc., Florida. 344 p.

- King, J. &Louw, D. (1998): Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the building block methodology. Aquat. Ecosyst. Health Mgmt 1, 109–124.

- King J.M, R.E. Tharme, and M.S. de Villeers Editors. (2000): Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology. Water Research Commission Report No.: TT 131/00. Freshwater Research Unit, University of Cape Town, South Africa.

- Martínez, A. y Sanz, F. J. (2003): Determinación de caudales de mantenimiento en ríos de la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Curso sobre Régimen de Caudales Ambientales. Universidad Internacional Menéndez Pelayo. España. 13 p.

- Metsi Consultants (2002): Lesotho Highlands Water Project. Kingdom of Lesotho. 122 p.

- Poff, N.L., J.D. Allan, M. B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegaard, B. Richter, R. Sparks, y J. Stromberg. (1997). The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration. BioScience 47:769-784.

- Richter B.D., J.V. Baumgartner, R. Wigington and D.P. Braun. (1997) Howmuch water does a river need? Freshwater Biology: (37) 231-249.

- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE - 1989): Gaceta Ecológica, Volumen 1, No. 1, México. 95 p.

- Stalnaker, C; Lamb, B; Henriksen, J; Bovee, K Y Bartlow, J. (1995): The Instream Flow Incremental Methodology. A Primer for IFIM. US Department of Interior National Biological Service, Washington D.C.

- Swiss Federal Department of The Interior (1993): Federal Law on the Protection of Waters (Water Protection Law) 814.20. 27 p.

- Tennant, D.L. (1976): Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources. Proceedings on Stream Flow Needs Symposium. Billings (Montana). U.S.A. 359¬373 pp.

- Tharme, R. E. (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: p. 397–441. Wiley Inter Science.

- USEPA, (2005). Use of Biological Information to Better Define Designated Aquatic Life Uses in State and Tribal Water Quality Standards: Tiered Aquatic Life Uses.

- Washington State Department of Ecology (2003): Instream Flows Primer. Web site. Accesado en http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/sw/inst.html. Washington State, U.S.A.

- Wesche TA, Rechard PA. (1980): A summary of instream flow methods for fisheries and related needs. Eisenhower Consortium Bulletin No. 9. Produced by the Water Resources Research Institute, University of Wyoming, for the USDA Forest Service. 122 p.

- Reiser DW, Wesche TA, Estes C. (1989). Status of instream flow legislation and practise in North America. Fisheries 14(2): p. 22–29.

8. Concordancia con normas internacionales

Esta norma mexicana no coincide con ninguna norma internacional, por no existir norma internacional sobre el tema tratado.

APÉNDICE NORMATIVO G

CONSIDERACIONES GENERALES

Para aplicar la metodología de determinación del régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de aguas nacionales a nivel de cuenca hidrológica, descrita en este apéndice, se requiere del conocimiento de los caudales históricos originales o naturales, así como del cálculo de sus promedios anuales y mensuales. A continuación se sugiere un procedimiento para su obtención:

1. Localización de la Región Hidrológica conforme al documento publicado y actualizado por la CONAGUA (citas Estadísticas del Agua y estudios de disponibilidades oficiales publicadas).- Consultar la página para revisar la última versión. El primer número de la clave de las estaciones hidrométricas corresponde a la región hidrológica a la que pertenecen.

2. Límite de cuencas y subcuencas.- Con base en los 731 estudios de disponibilidades publicados en el Diario Oficial de la Federación. Localización es Estaciones Hidrométricas de CONAGUA en el BANDAS (Banco de datos de aguas superficiales, con acceso en las páginas de CONAGUA e IMTA

(http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documento s/Portada%20BANDAS.htm)

Consulta de la clave y descripción de cada estación hidrométrica.

Obtención de las coordenadas geográficas para su ubicación en un sistema de información geográfica.

3. Solicitud de información sobre estaciones hidrométricas a la CFE.

4. A partir del arreglo de los promedios diarios históricos, construir hidrogramas de 365 días variación intra-anual, así como mensuales y anuales.

5. Localizar la infraestructura hidráulica, incluyendo fecha de construcción y/o entrada en operación e identificar períodos previo y posterior a alteración, años de registro en cada período y construir hidrogramas.

6. Para tener una mejor referencia de las metodologías de los apéndices C, D, E y F se pueden consultar los ejemplos numéricos que se encuentran en la "Guía para la aplicación de la norma mexicana para la determinación del régimen de caudal ecológico en cuencas hidrológicas" ubicada en la portal de internet de la CONAGUA (http://www.conagua.gob.mx/).

México, D.F., a 20 de septiembre de 2012
El Director General, **CHRISTIAN TURÉGANO ROLDÁN**
Rúbrica

DECLARATORIA DE VIGENCIA DE LA NORMA MEXICANA

NMX-AA-159-SCFI-2012

Publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 20 de septiembre de 2012

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría de Economía.- Subsecretaría de Competitividad y Normatividad.- Dirección General de Normas.- Dirección General Adjunta de Operación.- Dirección de Normalización.

DECLARATORIA DE VIGENCIA DE LA NORMA MEXICANA: NMX-AA-159-SCFI-2012

QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO EN CUENCAS HIDROLÓGICAS.

La Secretaría de Economía, por conducto de la Dirección General de Normas, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 34 fracciones XIII y XXXI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 51-A, 51-B y 54 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, 45 y 46 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y 19 fracciones I y XIV del Reglamento Interior de esta Secretaría y habiéndose satisfecho el procedimiento previsto por la ley de la materia para estos efectos, expide la declaratoria de vigencia de la norma mexicana que se enlista a continuación, misma que ha sido elaborada y aprobada por el Comité Técnico de Normalización Nacional de Medio Ambiente y Recursos Naturales (COTEMARNAT) lo que se hace del conocimiento de los productores, distribuidores, consumidores y del público en general. El texto completo de las normas que se indican pueden ser adquiridas gratuitamente en la biblioteca de la Dirección General de Normas de esta Secretaría, ubicada en Puente de Tecamachalco número 6, Lomas de Tecamachalco, Sección Fuentes, Naucalpan de Juárez, código postal 53950, Estado de México o en el catálogo electrónico de la Dirección General de Normas: http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx

La presente Norma Mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de la publicación de esta declaratoria de vigencia en el Diario Oficial de la Federación.

CLAVE O CÓDIGO	TITULO DE LA NORMA
NMX-AA-159-SCFI-2012	QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CAUDAL ECOLÓGICO EN CUENCAS HIDROLÓGICAS
Objetivo y campo de aplicación La presente Norma Mexicana establece el procedimiento y especificaciones técnicas para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales en una cuenca hidrológica. Esta norma mexicana aplica a todos aquellos que realicen estudios para solicitar asignaciones, construir infraestructura, realizar trasvases entre cuencas, similares a Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Así como para todas las corrientes o cuerpos de agua, cuyos acuerdos de disponibilidad del agua publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF), no consideren un caudal para la conservación de ecosistemas acuáticos.	
Concordancia con normas internacionales Esta Norma Mexicana no coincide con ninguna norma internacional, por no existir norma internacional sobre el tema tratado.	

Bibliografía

- Ley de Aguas Nacionales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de diciembre de 1992 y el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones a la Ley, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de junio de 2011.

- Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1 de julio de 1992 y el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones a la Ley, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de abril de 2009.

- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 29 de diciembre de 1976 y el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones a la Ley, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 17 de junio de 2006.

- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Medio Ambiente, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y el decreto por el que se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones a la Ley, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 30 de agosto de 2011.

- Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 14 de enero de 1999.

- Reglamento Interior de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de enero de 2003 y el decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones al Reglamento, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de agosto de 2009.

- NMX-Z-013-1-1977 Guía para la redacción, estructuración y presentación de las normas mexicanas, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 31 de octubre de 1997.

- Arthington A.H., Tharme R.E., Brizga S.O, Pusey B.J., and Kennard M.J., (2004): Environmental Flow Assessment with Emphasis on Holistic Methodologies. Australia. 31 p.

- Arthington, A.H., S.E. Bunn, N.L. Poff y R.J. Naiman (2006). The challenge of providing environmental flow rules to sustain river ecosystems. Ecological Applications 16:1311-1318.

- Apse C., E. Kendy, M. De Phillip, S. Flack, C. O'Neill and J. Zimmerman (2009). Ecological Limits Of Hydrological Alteration (ELOHA). 4thUsace Conservancy Partnership Conference, Projects to systems: Restoring and protecting our nation's natural capital, October 26-28, Stevenson, Washington, USA.

- Bovee, K.D., Lamb B.L., J.M. Bartholow, C.B. Stalnaker, J. Taylor, and J. Henriksen (1998): Stream Habitat Analysis Using the Instream Flow Incremental Methodology. Fort Collins, CO: U.S. Geological Survey-BRD. Information and Technology Report USGS/BRD/ITR-1998-0004. 130 p.

- Comisión Nacional del Agua (1996): Prueba y validación en una corriente de métodos de cálculo del gasto ecológico. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 249 p.

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas. 2010. Sitios prioritarios para la conservación de los ecosistemas acuáticos epicontinentales. Escala 1:250,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Comisión Nacional de Areas Naturales Protegidas. México, D.F.

- Convención de Ramsar. 1971. Convención relativa a humedales de importancia internacional.

- Davies S. P. y Jackson S.K. (2006). The Biological Condition Gradient: A Descriptive Model for Interpreting Change in Aquatic Ecosystems. Ecological Applications: Vol. 16, No. 4 pp. 125112666.7

- García de Jalón D. y González del Tánago, M. (2004): El concepto de Caudal Ecológico y Criterios para su Aplicación en lo Ríos Españoles. Madrid. Inédito. 10 p.

- García de Jalón, D. (1989): Técnicas hidrobiológicas para la determinación de caudales ecológicos mínimos. Madrid, España.

- García, E.; González, R.; Martínez, P.; Athala, J.; y Paz, G. (1999): Guía de Aplicación de los Métodos de Cálculo de Caudales de Reserva Ecológicos en México. Comisión Nacional del Agua, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. 190 p.

- Garrido A., Cuevas M. L. y Cotler H. (2010): El estado de alteración ecohidrológica de los ríos de México. 108-11 pp. En: Cotler H. (Coord). Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización, Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P., México, 232 p.

- Garrido A., Cuevas M. L. y Cotler H. (2010): "Evaluación del grado de alteración ecohidrológica de los ríos y corrientes superficiales de México" en Investigación ambiental. Ciencia y política pública, Vol. 2, No. 1.

- Garrido A. Cotler H., Rodríguez Y. 2008. Sistema de consulta de cuencas hidrográficas de México" Diagnóstico de cuencas. Aplicación de internet (http://cuencas.ine.gob.mx/cuenca2/diagnostico.html) Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. Centro Geo A.C., México, D.F.

- Gore, J. A. and Petts, G. E. (eds) (1989): Alternatives in regulated river management. BOCA RATON. CRC Press, Inc., Florida. 344 p.

- King, J. &Louw, D. (1998): Instream flow assessments for regulated rivers in South Africa using the building block methodology. Aquat. Ecosyst. Health Mgmt 1, 109124.

- King J.M, R.E. Tharme, and M.S. de Villeers Editors. (2000): Environmental Flow Assessments for Rivers: Manual for the Building Block Methodology. Water Research Commission Report No.: TT 131/00. Freshwater Research Unit, University of Cape Town, South Africa.

- Martínez, A. y Sanz, F. J. (2003): Determinación de caudales de mantenimiento en ríos de la Comunidad Autónoma de Castilla y León. Curso sobre Régimen de Caudales Ambientales. Universidad Internacional Menéndez Pelayo. España. 13 p.

- Metsi Consultants (2002): Lesotho Highlands Water Project. Kingdom of Lesotho. 122 p.

- Poff, N.L., J.D. Allan, M. B. Bain, J.R. Karr, K.L. Prestegaard, B. Richter, R. Sparks, y J. Stromberg. (1997). The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration. BioScience 47:769-784.

- Richter B.D., J.V. Baumgartner, R. Wigington and D.P. Braun. (1997) Howmuch water does a river need? Freshwater Biology: (37) 231-249.

- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE-1989): Gaceta Ecológica, volumen 1, No. 1, México. 95 p.

- Stalnaker, C; Lamb, B; Henriksen, J; Bovee, K Y Bartlow, J. (1995): The Instream Flow Incremental Methodology. A Primer for IFIM. US Department of Interior National Biological Service, Washington D.C.

- Swiss Federal Department of The Interior (1993): Federal Law on the Protection of Waters (Water Protection Law) 814.20. 27 p.

- Tennant, D.L. (1976): Instream Flow Regimens for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources. Proceedings on Stream Flow Needs Symposium. Billings (Montana). U.S.A. 359-373 pp.

- Tharme, R. E. (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: p. 397441. Wiley Inter Science.

- USEPA, (2005). Use of Biological Information to Better Define Designated Aquatic Life Uses in State and Tribal Water Quality Standards: Tiered Aquatic Life Uses.

- Washington State Department of Ecology (2003): Instream Flows Primer. Web site. Accesado en http://www.ecy.wa.gov/programs/wr/sw/inst.html. Washington State, U.S.A.

- Wesche TA, Rechard PA. (1980): A summary of instream flow methods for fisheries and related needs. Eisenhower Consortium Bulletin No. 9. Produced by the Water Resources Research Institute, University of Wyoming, for the USDA Forest Service. 122 p.

- Reiser DW, Wesche TA, Estes C. (1989). Status of instream flow legislation and practise in North America. Fisheries 14(2): p. 2229

México, D.F., a 29 de agosto de 2012
El Director General de Normas y Secretariado Técnico de la Comisión Nacional de Normalización, **CHRISTIAN TURÉGANO ROLDÁN**
Rúbrica

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

NOTAS

La Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas es el principal instrumento del Programa Nacional de Reservas de Agua, una iniciativa de la CONAGUA y la Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. con financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo que permitirá crear las capacidades para la aplicación, monitoreo y evaluación de la Norma en 189 cuencas del país, identificadas con alta factibilidad para establecer una reserva de agua para el ambiente. Esta iniciativa de alcance nacional convocará a organizaciones de la sociedad civil, grupos académicos, comunidades y usuarios del agua, para proteger el agua y la biodiversidad de los ecosistemas acuáticos más importantes del país, entre ellos 97 áreas naturales protegidas y 55 humedales de importancia internacional registrados en la Convención Ramsar.