

Programa Nacional de Reservas de Agua en México.

Experiencias de caudal ecológico y
la asignación de agua al ambiente.

J. Eugenio Barrios Ordóñez,
Sergio A. Salinas Rodríguez,
Anuar Martínez,
Mario López Pérez,
Ricardo Alain Villón Bracamonte,
Fabiana Rosales Ángeles,
Revisión:
Maria Eugenia de la Peña,
Gmelina Ramirez,
Carolina Alcalá.

**División de Agua y
Saneamiento**

**NOTA TÉCNICA N°
BID-TN-864**

Noviembre 2015

Programa Nacional de Reservas de Agua en México.

Experiencias de caudal ecológico y la asignación de agua al ambiente.

J. Eugenio Barrios Ordóñez,
Sergio A. Salinas Rodríguez,
Anuar Martínez,
Mario López Pérez,
Ricardo Alain Villón Bracamonte,
Fabiana Rosales Ángeles,
Revisión:
Maria Eugenia de la Peña,
Gmelina Ramirez,
Carolina Alcalá.

Noviembre 2015

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo

Programa Nacional de Reservas de Agua en México: Experiencias de caudal ecológico y la asignación de agua al ambiente / J. Eugenio Barrios Ordóñez, Sergio A. Salinas Rodríguez, Mario López Pérez, Ricardo Alain Villón Bracamonte, Fabiana Rosales Ángeles, Adriana Guerra Gilbert, Rafael Sánchez Navarro.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 864)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Water-supply—Government policy—Mexico. 2. Water utilities—Government policy—Mexico. 3. Water resources development—Government policy—Mexico. I. Barrios Ordóñez, J. Eugenio. II. Salinas Rodríguez, Sergio A. III. López Pérez, Mario. IV. Villón Bracamonte, Ricardo Alain. V. Rosales Ángeles, Fabiana. VI. Guerra Gilbert, Adriana. VII. Sánchez Navarro, Rafael. VIII. Banco Interamericano de Desarrollo. División de Agua y Saneamiento. IX. Serie. IDB-TN-864

JEL code: Q01; Q25; Q53; Q54 ; Q56 ; Q57 ; F63 ; F64

Palabras claves: Agua, caudal ecológico, reservas, adaptación, biodiversidad, desarrollo sostenible, agua, cambio climático, adaptación, desarrollo económico, BID, Banco Interamericano de Desarrollo, medio ambiente, Ecuador, América Latina y el Caribe desarrollo económico, BID, Banco Interamericano de Desarrollo, medio ambiente, Perú, América Latina y el Caribe

Fotografía de portada: Reserva de la Biosfera Marismas Nacionales, Nayarit, México © Santiago Gibert / WWF México

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2015 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa .



Programa Nacional de Reservas de Agua en México. Experiencias de caudal ecológico y la asignación de agua al ambiente

Lista de autores:

J. Eugenio Barrios Ordóñez, WWF-México

Sergio A. Salinas Rodríguez, WWF-México

Anuar Martínez, WWF-México

Mario López Pérez, CONAGUA

Ricardo Alain Villón Bracamonte, CONAGUA

Fabiana Rosales Ángeles, CONAGUA

Revisión:

María Eugenia de la Peña, BID

Gmelina Ramírez, BID



Agradecimientos

Este proyecto ha sido financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) mediante la Cooperación Técnica No Reembolsable No. ATN/OC-12827-ME-1. Programa Nacional de Reservas Potenciales de Agua en México como Medida de Gestión, y por la Fundación Gonzalo Río Arronte (FGRA) I.A.P. como parte de la Alianza WWF-FGRA.

Agradecemos las valiosas contribuciones de Adriana Guerra Gilbert, Rafael Sánchez Navarro y Bart Wickel por su directa participación en la ejecución de este proyecto.

Resumen

México enfrenta la sobreexplotación de los recursos hídricos en las zonas de mayor productividad económica del país. Esta situación provoca la pérdida de biodiversidad, limita el desarrollo económico y hace vulnerable a la sociedad ante las incertidumbres del cambio climático. La asignación y recuperación de agua para el ambiente se plantea como un camino para adaptarse al cambio climático y alcanzar una condición de seguridad hídrica para México. Este proceso se fundamenta en la aplicación de la Norma Mexicana de Caudal Ecológico (*NMX-AA-159-SCFI-2012*) en 189 cuencas con reservas potenciales de agua para el ambiente y el establecimiento del mismo número de reservas de agua que preservarán 97 áreas naturales protegidas y 55 humedales de importancia internacional (Ramsar). Este documento registra las experiencias y resultados de la fase de conceptualización del programa y el arranque del proceso mediante su implementación en seis zonas piloto. Los resultados muestran la factibilidad técnica, legal y económica de las reservas de agua y sus beneficios en el fortalecimiento de la gestión integrada del agua. Por su relevancia, esta iniciativa ha tomado la forma de Programa Nacional de Reservas de Agua, coordinado por la Subdirección General Técnica de la Comisión Nacional del Agua, con la colaboración de la Alianza Fondo Mundial para la Naturaleza-Fundación Gonzalo Río Arronte, con la participación de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas y el apoyo del Banco Interamericano de Desarrollo.

Acrónimos

ANP	Área Natural Protegida
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CDB	Convención de la Diversidad Biológica
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONABIO	Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
CONAGUA	Comisión Nacional del Agua
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
DECE	Documento de Evaluación de Caudal Ecológico
EMA	Escurrimiento Medio Anual
ETJ	Estudio Técnico Justificativo
FCS	Fundación Carlos Slim
FGRA	Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P.
GAS	Gerencia de Aguas Subterráneas
GASIR	Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos
GCA	Gerencia de Calidad del Agua
GIABA	Gerencia de Ingeniería y Asuntos Binacionales del Agua
GIRH	Gestión Integrada de Recursos Hídricos
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
MIA	Manifestaciones de Impacto Ambiental
NMX	Norma Mexicana de Caudal Ecológico
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONG	Organización No Gubernamental
PNRA	Programa Nacional de Reservas de Agua
RPA	Reserva Potencial de Agua
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SIG	Sistema de Información Geográfica
SIGA	Sistema de Información Geográfica del Agua
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
WWF	World Wildlife Fund Inc. (Fondo Mundial para la Naturaleza)

Contenido

Introducción	9
1. Caudal ecológico	11
1.1 El reto de la determinación.....	12
1.2 El reto de la implementación	16
2. Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente.....	18
2.1 Reservas Potenciales de Aguas Subterráneas	20
2.2 Función ecohidrológica de las RPA: Sistemas fluviales naturales y potencial de generación hidroeléctrica.....	23
3. El potencial de conservación de la biodiversidad, y adaptación al cambio climático de las reservas de agua para el medio ambiente.....	26
4. Implementación de las RPA piloto	30
5. Resultados.....	36
5.1 La valoración de los servicios ambientales de las reservas de agua.....	35
5.2 Decreto de reserva de agua	37
5.3 Discusión y acuerdos de los volúmenes finales de las reservas de agua	38
5.4 Impacto internacional.....	41
5.5 Comentarios finales	41
Referencias.....	43
Anexo 1 Estructura y componentes de la Norma Mexicana de Caudal Ecológico.....	45
Anexo 2 Fichas técnicas de los estudios de caudal ecológico por zona de trabajo.....	47

Lista de figuras

Figura 1	Cuencas modelo de la Alianza WWF-FGRA.	13
Figura 2	Objetivos ambientales para la determinación de caudales ecológicos para las cuencas hidrológicas de México.	16
Figura 3	Reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México.	20
Figura 4	Clasificación de los acuíferos del país con base en el índice de explotación.....	22
Figura 5	Reservas potenciales de agua superficial, subterráneas y riesgo de afectación	23
Figura 6	Reservas potenciales de agua, sistemas fluviales funcionales y tramos con potencial de generación hidroeléctrica (POISE 2012-2026) en México.	25
Figura 7	Las reservas potenciales de agua y su incidencia con la distribución de manglares en México.	27
Figura 8	Zonas piloto del Programa Nacional de Reservas de Agua.....	31
Figura 9	Dinámica de trabajo durante los estudios de caudal ecológico.....	32
Figura 10	Dinámica de los talleres de discusión y evaluación de caudal ecológico.	33
Figura 11	Las Reservas de Agua y los servicios ecosistémicos o ambientales.....	36
Figura 12	Proceso de emisión del decreto de reservas de agua	37
Figura 13	Sinergia entre reservas de agua y entregas comprometidas aguas abajo en la cuenca del río San Pedro Mezquital.....	39
Figura 14	Comparación de los volúmenes anuales propuestos para caudal ecológico y los propuestos para el decreto de reservas de agua	40

Introducción

En México, el fundamento de la política hídrica es el artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos de 1917, que establece al agua como propiedad de la nación y patrimonio de los mexicanos. La Ley de Aguas Nacionales (LAN) es el máximo ordenamiento jurídico en materia de aguas continentales por debajo de la Constitución y los tratados internacionales, y regula el uso del agua, su distribución y control, y establece entre sus principios la desconcentración de la gestión en trece regiones hidrológico administrativas, la gestión integrada de los recursos hídricos, la participación del sector privado y el involucramiento de actores sociales, principalmente. Completan el marco jurídico del agua, leyes, reglamentos y normas complementarias, tales como la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, La Ley General de Salud, La Ley Federal de Derechos, que establece los pagos y tarifas por el uso de bienes de la nación, en particular por el uso de las aguas nacionales, y la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, que establece las políticas para la expedición de todas las normas técnicas que regulan al sector agua y medio ambiente.

La gran transformación de la gestión del agua en México se inicia en 1989 con la creación de la CONAGUA, la publicación de la LAN en 1992, su reglamento en 1994, y sus modificaciones de 2004. La CONAGUA es la máxima autoridad federal para el manejo del agua; originalmente, fue una entidad descentralizada de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, pero en 1994, pasó a ser una entidad desconcentrada de la recién creada Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y Pesca (Barrios, 2013).

La administración del agua en México sigue un modelo por cuencas hidrológicas, a partir de 13 regiones hidrológico administrativas, 37 regiones hidrológicas, 732 unidades de gestión o cuencas y 653 acuíferos. En este contexto espacial se desarrolla la GIRH que comprende agua, tierra, recursos relacionados y medio ambiente. No obstante, la propiedad de derechos de uso de agua en México no está ligada a la propiedad del territorio, y en el ámbito de la gestión integrada ha tenido poca influencia. En la actualidad, no existen instrumentos que vinculen ambos recursos. Por el contrario, la descoordinación entre autorizaciones en el cambio de usos del suelo, materia del ámbito municipal, o extracciones de aguas subterráneas, materia del ámbito federal, son una causa importante del avance de la frontera agrícola y la sobreexplotación de acuíferos (*Idem*, 2013).

En cuanto al medio ambiente, como componente de la GIRH, por diferentes causas nunca se ha llegado a implementar una política específica para proteger el agua que se requiere para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ambientales. Durante la década de los noventa, la gestión del agua en México asumió el reto de construir el sistema de administración de

concesiones de agua, a partir de determinar los balances hídricos en cada cuenca o unidad de gestión, regularizar las concesiones de agua existentes y emitir nuevos títulos de concesión con base en los volúmenes disponibles. En este proceso, la protección de un volumen de agua para el ambiente no se llegó a establecer, debido primordialmente a la falta de información y de metodologías científicamente apropiadas y económicamente accesibles para determinar este volumen.

Desde 1995 a la fecha, se regularizaron y extendieron títulos de concesión de agua a prácticamente todos los usuarios del país, tomando como límite el 100% del escurrimiento medio anual ya fuera este medido o estimado. Asumir el 100% del escurrimiento medio anual como criterio de distribución de la disponibilidad del agua en una cuenca representa un escenario de elevado riesgo hídrico, ya que la disponibilidad natural no será suficiente para abastecer el volumen de derechos de agua emitidos en los años en que la precipitación sea menor al promedio. Esto implica que la gestión tendrá que acomodar este déficit entre todos los usuarios, con los consecuentes impactos sociales, económicos y ambientales. Es importante mencionar que en el ámbito internacional se reconoce que una cuenca o sistema hidrológico está sometido a una presión hídrica alta si la extracción de agua se encuentra por arriba del cuarenta por ciento del escurrimiento medio anual natural de la cuenca (EEA, 2003).

La adopción de este criterio para la distribución del agua moldea una gestión de la escasez, de elevado riesgo para los usuarios y vulnerable ante la creciente incertidumbre climática. Sin duda, esta situación ha sido una de las causas de la sobreexplotación que se presenta en las zonas económicamente más importantes del país y ha representado una fuerte presión para la conservación de la biodiversidad. En la actualidad, se reconoce que ocho de estas trece regiones, donde se produce el 75% del Producto Interno Bruto, se encuentran en condiciones de alta presión hídrica (CONAGUA, 2014). La otra cara de esta sobreexplotación se registra en la pérdida de biodiversidad: los peces de agua dulce son el grupo biológico con la más alta tasa de extinción en México, ya que de 500 especies registradas que representan el 60% de especies de Norteamérica, 127 se han extinto, 75 de las cuales eran especies endémicas, y 139 se encuentran en peligro de extinción (Sarukhán, J, et al., 2009). Una alta presión sobre recurso hídrico y la pérdida de biodiversidad son caras de la misma moneda: un desarrollo no sostenible, que no contribuye a construir un futuro de seguridad hídrica y resiliencia ante el cambio climático.

En este contexto, el gobierno de México con la participación de la sociedad ha iniciado un proceso para reservar el agua que requiere el ambiente en forma de caudales ecológicos. Por su relevancia para la gestión del agua y la conservación de la biodiversidad, esta iniciativa ha tomado la forma de Programa Nacional de Reservas de Agua, coordinado por la Subdirección General Técnica de la CONAGUA, con el apoyo de la Alianza WWF-FGRA, y con la participación de la CONANP. El arranque de este programa ha sido financiado por el BID mediante la Cooperación Técnica No Reembolsable No. ATN/OC-12827-ME-1. Programa Nacional de Reservas Potenciales de Agua en México como Medida de Gestión, y apoyado en el Acuerdo de Cooperación Técnica de la CONAGUA y la OMM mediante el Proyecto Premia.

La presente Nota Técnica describe la concepción y arranque de este programa, los primeros resultados obtenidos, las lecciones aprendidas, y sus expectativas de desarrollo para los próximos años. Para complementar esta descripción, a lo largo del texto se han insertado testimonios de algunos de los participantes del programa, principalmente investigadores expertos en alguna de las áreas de conocimiento que requiere la determinación de caudales ecológicos o expertos en temas relacionados que han conocido el programa. Estos testimonios reflejan sus opiniones, expectativas e historias.

1. Caudal ecológico

El concepto de caudal ecológico o gasto ecológico o ambiental, que para fines de este documento se consideran sinónimos, se origina en los Estados Unidos de América, en los años cuarenta, pero no es sino hasta los setenta con la construcción de grandes presas, cuando se reportan los primeros intentos sistemáticos para definir un volumen mínimo que mantuviera las condiciones ecológicas de un río (Stalnaker, 1982). Tennant (1976), a través del también denominado Método de Montana, realizó la primera contribución de impacto en la prescripción de caudales para peces, vida silvestre, actividades recreativas y recursos naturales relacionados. El método consiste en identificar caudales base –como porcentajes del escurrimiento medio anual– de manera estacional, tanto para el periodo de estiaje como el de lluvias, con la finalidad de mantener el sistema en diferentes niveles de conservación. Esta propuesta prevaleció por muchos años debido seguramente a su sencillez y a la comodidad de adoptar como caudal ecológico un volumen mínimo.

No fue sino hasta principios de los noventa que se empezó a tener mayor claridad sobre la dependencia directa de los ecosistemas acuáticos con la variabilidad del régimen hidrológico y no con un gasto mínimo constante como anteriormente se había propuesto. Con los trabajos de Richter et al. (1996 y 1997) se planteó una nueva aproximación para determinar las necesidades hidrológicas de los ecosistemas a partir del análisis de la variabilidad del régimen en términos de la magnitud, duración, frecuencia, momento y tasa de cambio de sus diferentes componentes o eventos estacionales. A esta aproximación se le denominó rango natural de variabilidad del régimen hidrológico. En la misma línea de pensamiento, Poff et al (1997) explicaron la importancia del régimen hidrológico en la calidad del agua, la disponibilidad de energía, la configuración del hábitat físico y las interacciones bióticas, aspectos considerados reguladores primarios de la integridad del ecosistema, y en consecuencia, de su integridad ecológica. Estas contribuciones permitieron entender que la funcionalidad ecológica de un ecosistema acuático depende de la variabilidad del régimen hidrológico, y que por lo tanto, asignar un gasto constante mínimo resultaba inadecuado para el mantenimiento de las condiciones ecológicas de estos ecosistemas. Esta contribución de la ciencia representa un reto para la gestión del agua ya que dejó claro que en cualquier asignación de agua al ambiente lo que se debe garantizar es la variabilidad del régimen hidrológico para asegurar que el recurso está siendo bien utilizado. Este reto implica entender la funcionalidad ecológica a la luz de la GIRH, y cuáles son los límites, restricciones, pero también las sinergias y beneficios de un régimen de caudales ecológicos.

1.1 El reto de la determinación

En el último siglo, los caudales de los ríos en todo el mundo han sido modificados por la extracción de agua y la presencia de infraestructura hidráulica, lo que ha provocado importantes alteraciones en la variabilidad y estacionalidad del régimen hidrológico. Se estima que más del 60% de los ríos en el mundo han sido fragmentados por estas alteraciones hidrológicas, lo que ha dado lugar a una degradación generalizada de los ecosistemas acuáticos (Dyson et al., 2003; Postel y Richter, 2003; Ravenga et al., 2000; y Millennium Ecosystem Assessment, 2005, citados en Global Environmental Flows Network, 2006).

Un régimen de caudales ecológicos implica determinar el significado e importancia ecológica de los diferentes componentes del régimen hidrológico, es decir, cómo contribuyen los gastos estacionales a mantener diferentes procesos ecológicos y servicios ambientales aportados por el ecosistema (Forsslund et al., 2009). En este sentido, el caudal ecológico ha venido ganando terreno como un instrumento de gestión que permite acordar un manejo integrado y sostenible de los recursos hídricos, entendido como un proceso que promueve el desarrollo y manejo coordinado del agua, tierra y los recursos relacionados en una cuenca, con la intención de maximizar el bienestar económico y social de una manera equitativa y sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2000).

La gama y cantidad de metodologías para la estimación de caudales ecológicos ha aumentado considerablemente en los últimos años. Tharme (2003) describió el uso de más de 200 metodologías de cálculo en 44 países, que se agrupan conforme a su enfoque en métodos hidrológicos, hidráulicos, hidrobiológicos o de simulación del hábitat, y holísticos. En México, las primeras experiencias de determinación de caudal ecológico se realizaron en los noventa por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) en los ríos Santiago en Nayarit, Tonto en la cuenca del Papaloapan en Veracruz y Tijuana en Baja California. Estas experiencias se realizaron en tramos afectados por presas y fueron presentadas en una guía que recomendaba la aplicación del método de Tennant; no obstante, reconocía que sólo a través de un manejo ecosistémico de los recursos es posible la conservación de la calidad del agua, la explotación sustentable del recurso hídrico, el mantenimiento de la biodiversidad y la minimización del impacto humano (García Rodríguez et al., 1999).

En 2004, la Alianza WWF-FGRA inició un proyecto denominado “Desarrollo de Nuevos Modelos de Manejo del Agua en México” enfocado en el manejo integrado del agua con especial énfasis en la conservación del recurso, la cooperación intersectorial para el manejo de cuencas y la protección y restauración de ecosistemas acuáticos. El trabajo de la Alianza se enfocó en proponer un caudal ecológico como el medio para garantizar un uso racional del agua, para lo cual se requería definir la metodología para determinarlo, acordarlo con los usuarios y adoptarlo legalmente. El proyecto se desarrolló en el río Conchos en la ecorregión Desierto Chihuahuense, Copalita-Zimatlán-Huatulco en la Sierra Costera de Oaxaca, y en el río San Pedro-Mezquitlan en Nayarit, Durango y Zacatecas; tres cuencas de gran importancia por su biodiversidad y representativas de las diferentes condiciones que enfrenta la gestión del agua en el país (Figura 1).

Figura 1 Cuencas modelo de la Alianza WWF-FGRA.



Fuente: WWF (2005)

La determinación de los caudales ecológicos se fundamentó en el método holístico conocido como “Building Block Methodology” (King, 2000) y tomó varios años de trabajo en el que participaron alrededor de cien expertos y usuarios de agua de más de 37 organizaciones. Este proceso permitió entender con detalle las implicaciones de la determinación de caudales ecológicos y su adopción en México. En particular, resultó de gran relevancia mostrar que en muchos casos el caudal ecológico sucedía y que lo que se requería era conservarlo. Los resultados obtenidos mostraron que de un total de 33 sitios analizados en las tres cuencas, en el 73% de los casos (24 sitios) el caudal ecológico ocurría bajo las condiciones de transferencia de agua de las partes altas a las bajas; en un 21% (siete sitios) el caudal ecológico ocurría en gasto pero requería de adecuar las condiciones de extracción y operación de la infraestructura; y solo dos sitios, ambos en el río Conchos, requerían de recuperar volúmenes de agua. Los resultados de esta experiencia permitieron concluir que:

- Es factible determinar un caudal ecológico con el conocimiento y la información disponible.

- La existencia de diferentes metodologías no es un obstáculo para la determinación ya que sus resultados son comparables si se apegan a principios científicos válidos.
- El análisis hidrológico es el componente fundamental de la determinación de los caudales ecológicos.
- El impacto real en la disponibilidad del agua de un régimen de caudales ecológicos se debe de evaluar considerando los compromisos de entrega de agua cuenca abajo, es decir, en el ámbito de la gestión del agua.

La sistematización del trabajo en estas tres cuencas sentó las bases metodológicas y prácticas para el desarrollo de la norma mexicana que se discutía desde 2007 y la cual fue finalmente publicada en 2012 como: *NMX-AA-159-SCFI-2012 que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas* (Secretaría de Economía, 2012).

Sin duda, esta publicación fue un gran logro y seguramente se reconocerá como un hito de la gestión del agua en México. Entre los aspectos más relevantes en la consecución de este logro estuvieron el liderazgo de una organización no gubernamental, que construyó y sistematizó una experiencia que permitió integrar actores, experiencias previas y desarrollar soluciones; la apertura y apoyo de la CONAGUA y la activa participación y aportación de información de otras entidades del sector ambiental como la CONABIO, CONANP, IMTA y el actual INECC, y de la academia, principalmente de la UNAM. Estos aspectos crearon un ambiente de colaboración que permitió alcanzar acuerdos en las definiciones, los principios, los alcances y las metodologías, siempre conscientes de la necesidad de iniciar, de una vez por todas, el desarrollo de los caudales ecológicos en México.

Cuando se genera un documento regulatorio con bases ecológicas -como es una norma mexicana- todo el lenguaje técnico o científico en torno a la valoración o medición de los procesos ecológicos y ambientales se facilita; el instrumento establece un lenguaje de uso común para todos, tanto para la discusión como para la evaluación de caudales ecológicos. A través de los estudios del PNRA se han desarrollado y probado protocolos por cada disciplina para los procedimientos en campo. Al final de las evaluaciones hemos podido demostrar que la norma funciona y muy bien.

Cuando se nos mostró y utilizamos modelos hidráulicos vimos cuantitativamente y de manera explicativa el impacto que tienen los caudales sobre otras variables como son su velocidad, profundidad y área para la provisión de hábitat y sobre la dinámica del ripario, por ejemplo; ello fue sumamente útil durante la evaluación. Tenía mucho tiempo pensado cómo generar un modelo de manera gráfica que representara así los procesos ecológicos. En lo personal vi materializados sueños que tenía años acariciando.

Dr. Ricardo Miguel Pérez Munguía, Investigador de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

La NMX ha resultado un instrumento innovador por los siguientes aspectos:

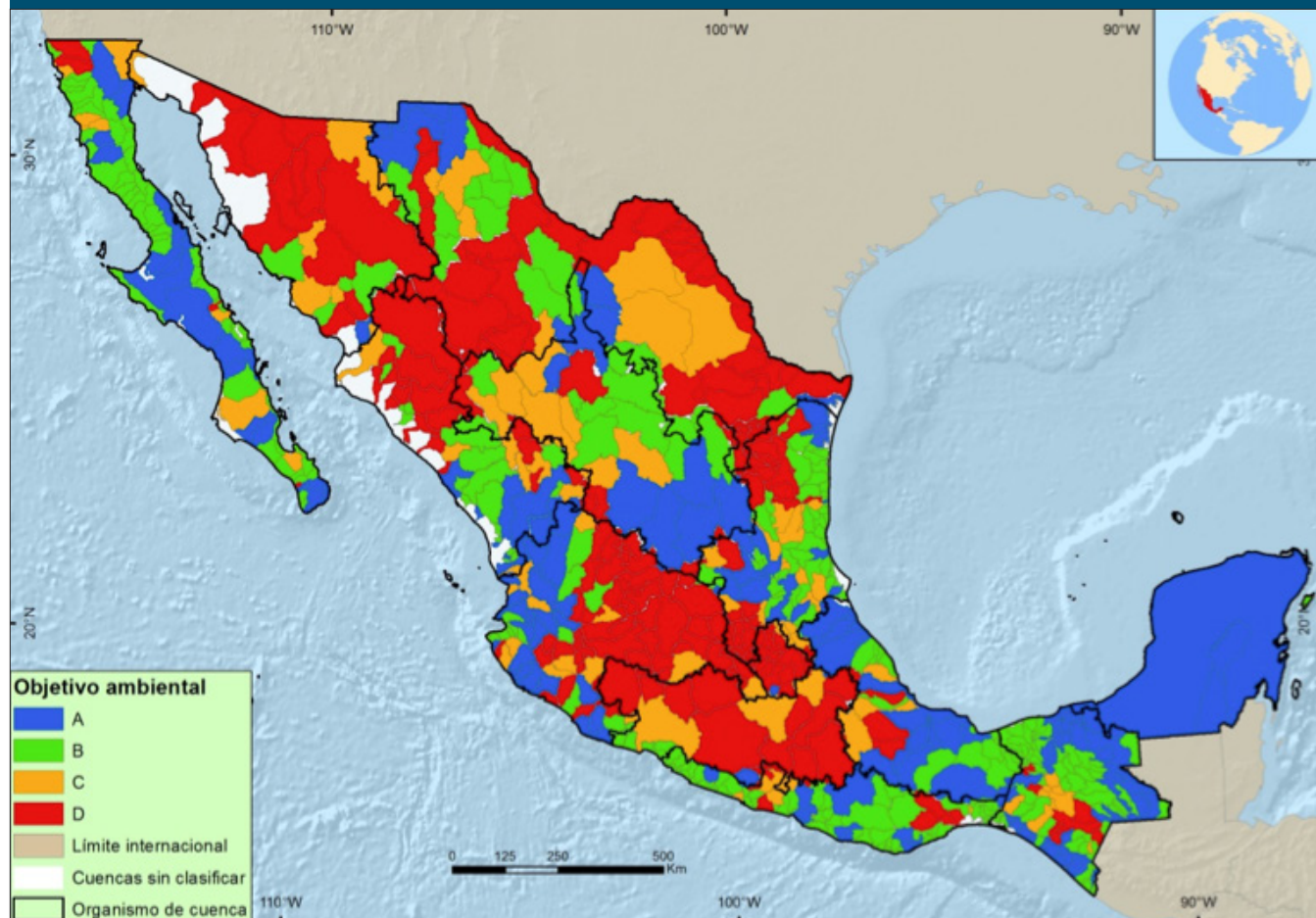
- Se dejó de lado la discusión sobre las metodologías para enfocarse en los principios científicos, pero abordados desde los instrumentos, posibilidades y necesidades de la GIRH.
- Se fundamenta en dos conceptos científicos que deben regir toda propuesta de caudal ecológico independientemente de la metodología: el régimen natural (Poff et al., 1997) y el gradiente de la condición biológica (Davies y Jackson, 2006). Esto implica reconocer que una propuesta de caudal ecológico debe de entender la variabilidad del régimen hidrológico y no enfocarse en un caudal mínimo permanente.

- Integra la valoración social del agua en el ambiente para asegurar su disponibilidad para el consumo y bienestar de comunidades rurales (menores a 2,500 habitantes).
- Reconoce como principio el establecimiento de un balance entre la presión por la extracción del agua y la conservación de funciones ecológicas y los servicios ambientales que benefician a la sociedad. Esto se traduce en el establecimiento de diferentes niveles de extracción de agua o conservación de la biodiversidad asociados a objetivos ambientales, los cuales se definen en función de la importancia ecológica de una cuenca y la presión hídrica a la que está sometida. Un objetivo ambiental A corresponde a una cuenca con baja presión hídrica y muy alta importancia ecológica, por el contrario una cuenca con objetivo ambiental D corresponde a cuencas con una fuerte presión hídrica, generalmente sobreexplotadas, y con baja importancia ecológica, generalmente por sus condiciones de deterioro (Figura 2). Es decir, una cuenca con una reserva potencial de agua tenderá a tener un objetivo ambiental “A”, pero con las perspectivas de incremento de la demanda podría pasar a un objetivo B, C, o D, siempre y cuando se mantengan las condiciones ecológicas asociadas a cada objetivo ambiental.
- Establece una condición jerárquica para la aplicación de metodologías en función de la presión por el uso del agua y las necesidades de la gestión. Metodologías más complejas y costosas serán requeridas para aquellos casos con alta demanda de agua y metodologías sencillas para cuencas con baja presión.
- Integra la valoración ecológica del territorio y establece su aplicación para la evaluación de proyectos de infraestructura, en particular proyectos hidroeléctricos.

En resumen, la NMX integra el significado ecológico, social y económico del régimen hidrológico en la gestión del agua, y establece un marco de referencia con base en criterios hidrológicos y ecorregionales para abordar las estimaciones de caudal ecológico en México bajo un principio precautorio y en el ámbito de la GIRH.

Un resumen de la estructura de la norma y sus componentes se presenta en el Anexo 1.

Figura 2 Objetivos ambientales para la determinación de caudales ecológicos en las cuencas hidrológicas de México.



Fuente: Secretaría de Economía (2012) y CONAGUA (2011)

1.2 El reto de la implementación

La implementación de un régimen de caudales ecológicos sigue siendo un gran reto de la gestión del agua, no solo en México sino en el mundo. Según el informe del estado de la aplicación de la GIRH en el mundo (UNEP, 2012), más del 75% de los países encuestados considera que el agua para los ecosistemas es una prioridad en sus respectivos países, mientras que sólo un 5% de los países consideran que no supone un problema; un 45% de los países implementan en alguna medida programas para la asignación de los recursos hídricos que incluyen consideraciones ambientales, pero solamente 12% han llevado a cabo una implementación completa.

Diferentes autores e instituciones han analizado el reto de la implementación de una política de caudales ecológicos (Moore, 2004, Rafik and Davis, 2009). Entre los aspectos identificados como obstáculos se mencionan: falta de entendimiento de los beneficios económicos y sociales, falta de voluntad política, marco legal e institucional

inexistente o inadecuado, poco o nulo involucramiento de usuarios, falta de recursos financieros, limitadas capacidades científicas y técnicas, inexistencia de escenarios de desarrollo y planificación del recurso, y falta de información hidrológica.

El caudal ecológico es una excelente alternativa para mantener el funcionamiento y la integridad de nuestros ecosistemas riparios, ya que conecta la parte alta, media y baja de la cuenca, lo que asegura el aporte de agua dulce en zonas costeras. Este esfuerzo no puede esperar más, requiere del liderazgo coordinado entre el gobierno, la academia, y la sociedad civil organizada para conducir los estudios con base en la implementación de la norma de caudal ecológico. La gente de las comunidades conoce y aporta información muy valiosa. Sabe cada cuánto tiempo y hacia dónde se mueve el río, qué tan azolvado está, cuáles han sido los cambios ambientales y cómo éstos han afectado sus usos y costumbres. Es preciso escuchar y considerar su conocimiento para integrarlo al aportado por los especialistas para realizar la evaluación del caudal ecológico enfocado a esas funciones ecológicas perdidas y así poder recuperarlas.

Durante los trabajos en la zona de Papaloapan, en San Juan Evangelista encontramos un fragmento de selva inundable relictas ante la gran transformación de la cubierta vegetal natural en el país, bien conservada, con enormes ceibas que creíamos ya no existían en el Estado de Veracruz y un grupo de monos aulladores (especie en peligro de extinción en México) totalmente aislados que luchan cada día por seguir en un lugar rodeado de grandes transformaciones. A través de este proyecto y las campañas de campo descubrimos este espacio cuya conservación es un esfuerzo que no puede esperar más.

Dra. Dulce María Infante Mata, Investigadora de El Colegio de la Frontera Sur

En el caso de México, la voluntad política de la CONAGUA y la presencia proactiva de la Alianza WWF-FGRA proporcionaron los elementos suficientes para subsanar deficiencias y sobrepasar estos obstáculos. De particular relevancia resultó el trabajo conjunto para identificar oportunidades fuera de aquellas cuencas con una fuerte competencia por el recurso, y en donde los obstáculos anteriormente citados resultan en muchos casos infranqueables.

En cuanto a la implementación legal esta se fundamentó en la figura de reserva de agua establecida por la LAN, que explícitamente reconoce el objetivo de protección ecológica en dos artículos:

- Artículo 41 ... el Ejecutivo Federal podrá declarar mediante decreto la reserva total o parcial de las aguas nacionales con el propósito de “garantizar los flujos mínimos para la protección ecológica, incluyendo la conservación o restauración de ecosistemas vitales”
- Artículo 86 BIS 1, señala la atribución de la Comisión para “...promover las reservas de aguas nacionales o la reserva ecológica conforme a la ley de la materia, para la preservación de los humedales”.

La reserva de agua consiste en un volumen del total del agua susceptible de concesión en una cuenca, que se destina a una función exclusiva, en este caso la protección ecológica. La ley también establece la posibilidad de establecer reservas de agua para uso público urbano y para generación de energía para consumo público. La reserva de agua es el instrumento de protección de un volumen de agua de mayor peso y se establece por decreto presidencial.

Con estos fundamentos se consideró que la implementación de caudales ecológicos resultaba factible por lo que se procedió a identificar las ahora llamadas reservas potenciales de agua para el medio ambiente (CONAGUA, 2011).

2. Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente

El concepto de reservas potenciales de agua nace como resultado de la evaluación de factibilidad realizada para establecer caudales ecológicos en México. Esta evaluación se desarrolló tomando como criterio principal la identificación de escenarios de mínima conflictividad asociada a la demanda de agua. Como variable principal se tomó la disponibilidad de agua en las cuencas hidrológicas que la CONAGUA tiene definidas para su administración en México y en segundo término, el valor reconocido de cada cuenca por su biodiversidad.

Para identificar las reservas potenciales de agua para el medio ambiente se analizaron las 732 cuencas hidrológicas, con su respectivo balance de disponibilidad de agua, información relativa a su importancia ecológica, ya sea por presencia de áreas naturales protegidas, humedales de importancia internacional reconocidos por la Convención Ramsar, u otros sitios de importancia identificados por la CONABIO, información relacionada con escenarios potenciales de presión por el recurso (proyecciones de crecimiento poblacional, presencia de presas, acuíferos sobreexplotados o distritos de riego), y la presencia de vedas como condición administrativa del agua en la cuenca. Esta última condición se identificó como un factor de peso en el análisis ya que para ese entonces 433 cuencas en el país se encontraban bajo esta condición, muchas desde la primera mitad del siglo XX, y contaban con disponibilidad de agua, por lo que existe presión social por levantar esta restricción. Esta situación ofrecía una oportunidad para establecer un régimen de caudales ecológicos levantando la veda de forma parcial, lo que liberaría volúmenes para concesión, al tiempo que se aseguraría agua para la creación de la reserva de agua para el medio ambiente.

Con la información integrada, se procedió a realizar un análisis multicriterio con tres alternativas de decisión denominadas valoración lineal, árbol de decisiones y valoración ponderada. A través de la comparación de resultados y el ajuste de criterios derivado de un análisis de sensibilidad de estas tres metodologías, se identificaron 189 cuencas con las características favorables para determinar los caudales ecológicos y establecer las reservas de agua, a las que se denominaron Reservas Potenciales de Agua (RPA). Estas se clasificaron en tres niveles de factibilidad: 19 cuencas con prioridad “Muy alta”, 54 con prioridad “Alta” y 116 con prioridad “Media” (Figura 3).

En términos de disponibilidad del agua, las 189 cuencas identificadas como RPA representan un volumen de 256 km³, de los 379 km³ de escurrimiento medio natural superficial total en el país, por lo que representan la mayoría del agua no concesionada en 2009. De este volumen, se estima que las reservas de agua podrían llegar a representar alrededor de 192 km³, y quedaría un volumen disponible para concesión de alrededor de 64 km³, lo que representaría

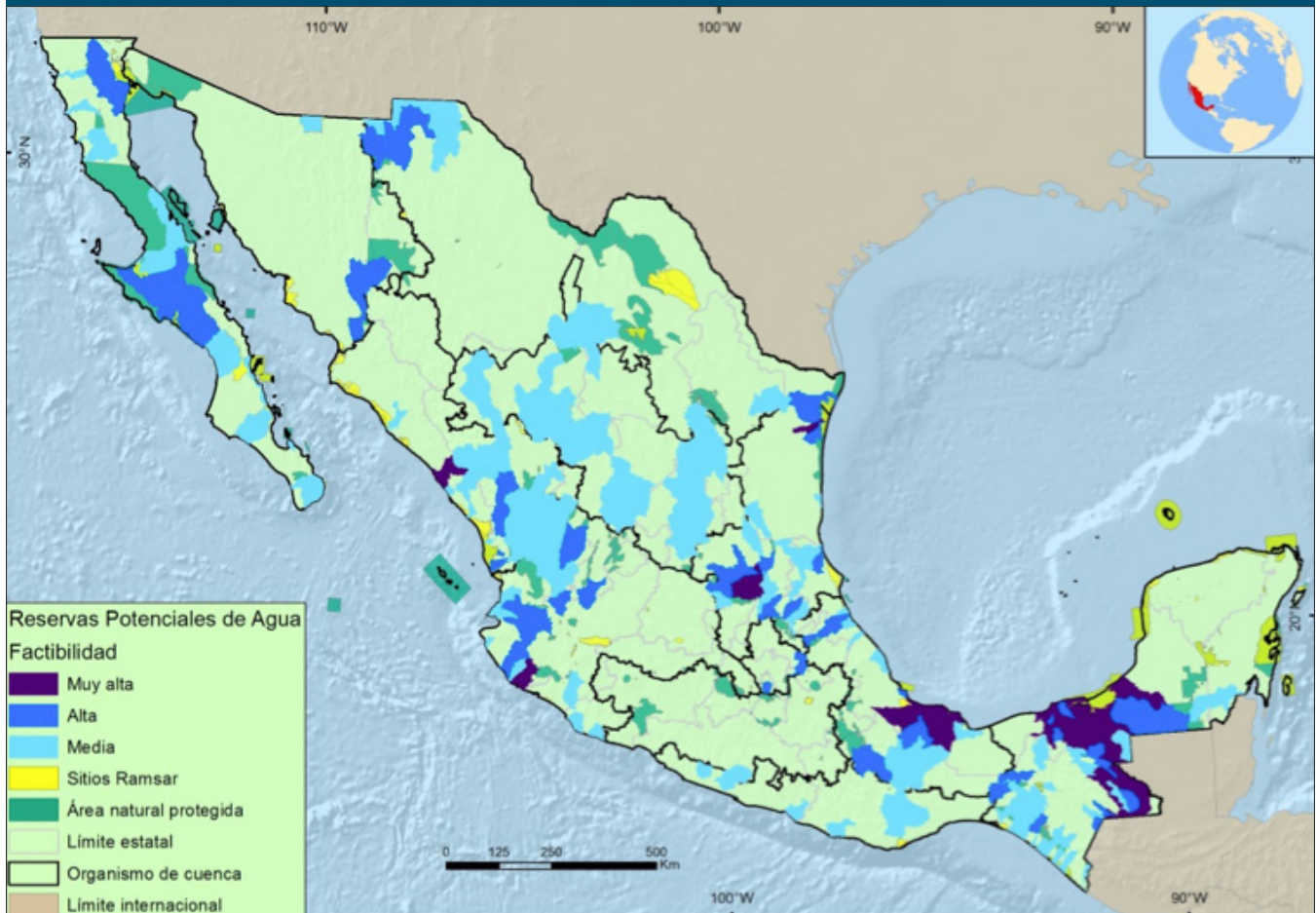
incrementar a más del doble el volumen concesionado de fuentes superficiales y que ascendía a 50 km³ (CONAGUA, 2009). Si a esto se añade que el país presenta eficiencias globales en el uso del agua cercanas al 50% y que el principal reto para alcanzar cuencas en equilibrio es mantener la oferta actual de agua y trabajar en hacer más eficiente la demanda, no habría razón para pensar en las reservas como una restricción al desarrollo, sino como condición para alcanzar una condición sustentable (CONAGUA, 2011).

A la fecha, el volumen concesionado de fuentes superficiales ha crecido notoriamente hasta 82 km³ (CONAGUA, 2014), lo que representa un incremento del 64% con respecto al valor reportado en 2009. Esta situación muestra la urgente necesidad de avanzar con el establecimiento de las reservas, ya que este crecimiento implica que algunas cuencas estén llegando a condiciones de alta presión hídrica, baja seguridad hídrica y elevada vulnerabilidad ante el cambio climático.

Un aspecto de gran peso en la identificación de las RPA fue haber corroborado su condición de baja conflictividad por demanda de agua, lo que representaba la gran oportunidad de desarrollar las capacidades locales e institucionales para la aplicación de la NMX y definir con claridad el procedimiento para establecer los decretos de reserva de agua, sin posibles objeciones de usuarios del agua. De esta manera, las RPA ofrecieron a la autoridad la suficiente certidumbre y seguridad para iniciar un proceso nacional de implementación de caudales ecológicos.

Un primer análisis de las implicaciones territoriales de estas 189 RPA mostró que abarcan el 23% de la superficie del país, están presentes en todas las Ecorregiones Nivel N1, (INEGI, et al., 2008) y en el 59% de las Ecorregiones Mundiales de Ecosistemas Acuáticos Epicontinentales (www.feow.org) presentes en México; y coinciden con 97 ANP y 55 sitios Ramsar. Esta cobertura territorial evidenció el valor estratégico de implementar una acción de GIRH, las reservas de agua, para la protección de la biodiversidad en el país.

Figura 3 Reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México.



Fuente: CONAGUA (2011)

De este ejercicio surgió un SIG que se ha consolidado como el instrumento de análisis y planeación del territorio y del agua para apoyar la estrategia del PNRA. Para validar su contenido y análisis se estableció un grupo de trabajo en la Subdirección General Técnica de la CONAGUA, con participación de todas sus gerencias (GIABA, GAS, GCA, GASIR) y del SIGA. Con base en este SIG se han realizado análisis complementarios que han fortalecido la justificación de las reservas de agua.

2.1 Reservas Potenciales de Aguas Subterráneas

El objetivo de este análisis fue identificar la contribución del agua subterránea a la conservación de las RPA. Desde el punto de vista ambiental, resulta de relevancia considerar el impacto de las extracciones de agua en la descarga natural del acuífero, lo que se refleja en la disminución de los caudales de base en los ríos, reducción de

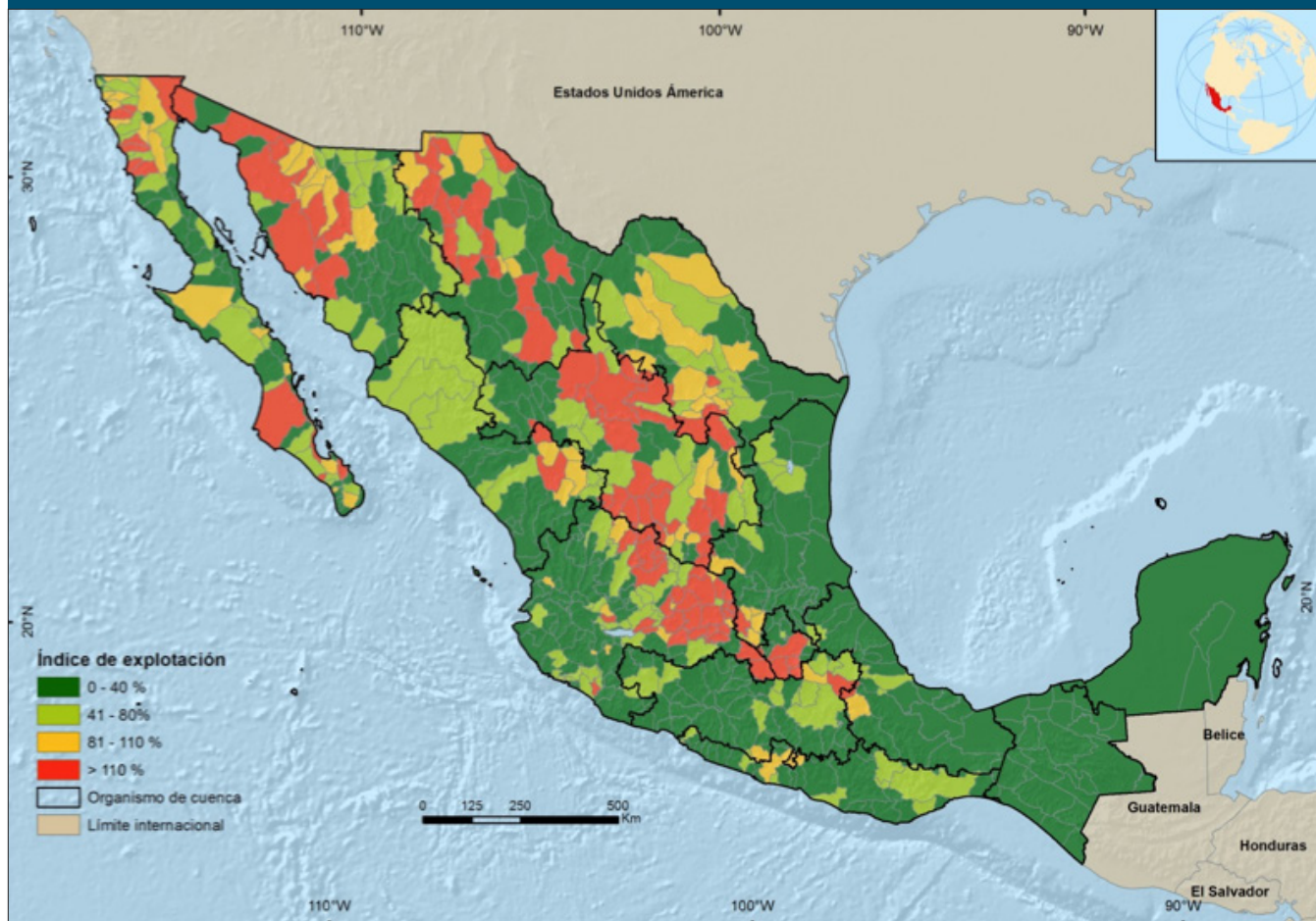
aportaciones subterráneas a humedales, intrusión salina en sistemas lagunares y disminución del caudal o desaparición de la descarga de manantiales. Todos estos impactos alteran el régimen hidrológico en particular en la época de estiaje. Además, existen otros impactos para la gestión del agua como el abatimiento progresivo de los niveles del agua subterránea, incremento del costo de la extracción, asentamientos diferenciales, hundimientos, afectación a la infraestructura y deterioro de la calidad del agua. Todos estos son indicadores de sobreexplotación de acuíferos que afectan la conservación de los volúmenes de la reserva de agua.

Para valorar la contribución del agua subterránea a la conservación de las RPA se estableció un indicador para identificar aquellas reservas en riesgo de afectación por el uso excesivo de las aguas subterráneas. Criterios de manejo del agua subterránea de países como Australia, Dinamarca, España, Estados Unidos, Holanda, Nueva Zelanda, Sudáfrica y Suiza señalan que en términos generales la relación extracción-recarga debe estar entre 0.4 y 0.6 (SNIFFER, 2005). En este contexto, se estableció 0.4 como valor umbral de la relación extracción-recarga para establecer un índice de explotación (IE) del acuífero, bajo las siguientes consideraciones:

- Índice de Explotación < 40% = Presión baja. **Riesgo bajo de afectación a las Reservas Potenciales de Agua.** No existe presión significativa de las aguas subterráneas sobre la dinámica hidroecológica del cuerpo de agua superficial. En caso de que existieran problemas ambientales causados por la extracción del agua, estos problemas corresponderían a las fuentes superficiales y serían fácilmente identificables.
- Índice de Explotación > 40% = Presión alta. **Riesgo alto de afectación a las Reservas Potenciales de Agua.** Existe una gran presión sobre las aguas subterráneas con impactos potenciales significativos sobre los ecosistemas que dependen de ésta.

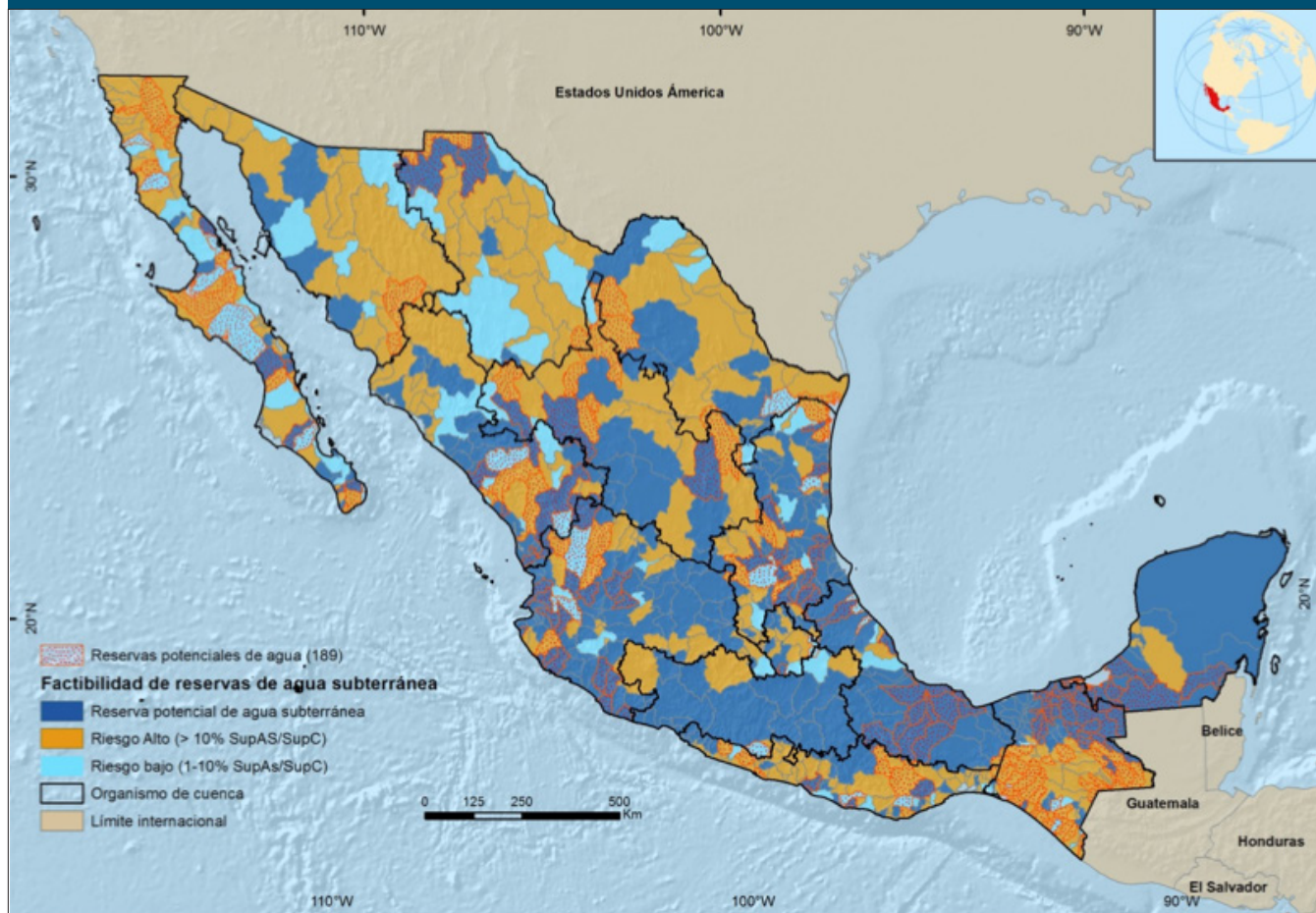
Actualmente, la relación extracción-recarga es utilizada por la GAS para determinar el grado de explotación de los acuíferos del país. La GAS considera que un acuífero está sobreexplotado si presenta una relación extracción-recarga del 110% en forma consecutiva por varios años. El valor umbral del 40% indica el grado de presión sobre los acuíferos y establece una situación preventiva acorde con el principio de las reservas potenciales de agua, en este caso subterránea. La Figura 4 muestra la clasificación de los acuíferos del país con base en el IE, aquellos con 40% igual o menor se consideran como RPA subterráneas.

Figura 4 Clasificación de los acuíferos del país con base en el índice de explotación



En el establecimiento de las reservas de agua resulta indispensable integrar los balances superficiales y subterráneos de cada cuenca. Como un primer paso, con el fin de complementar la valoración de las RPA superficiales y tener una visión general de esta interacción, se definió el riesgo de afectación a las RPA en función de la superficie que ocupa cada acuífero (SupA) con respecto a la superficie total de la cuenca (SupC). Es decir, un acuífero que está totalmente contenido en el territorio de una cuenca o viceversa representa un riesgo de que la sobreexplotación del acuífero afecte la reserva, ya sea hidrológicamente al disminuir la descarga natural o administrativamente al incrementar la demanda por concesiones de fuentes superficiales. Se consideró como riesgo alto de afectación a la RPA si la SupA resultaba mayor al 10% de la superficie de la cuenca. La Figura 5 muestra las RPA subterráneas, superficiales y la clasificación del riesgo de afectación. Los resultados de este análisis indican que de las 189 RPA, 77 están en acuíferos de riesgo alto, 23 en acuíferos con riesgo bajo y 89 cuencas coinciden RPA subterráneas y superficiales. Este análisis es un primer paso para integrar los balances de aguas superficiales y subterráneas en la determinación de las reservas de agua y avanzar en el manejo integrado de las dos fuentes.

Figura 5 Reservas potenciales de agua superficial, subterráneas y riesgo de afectación



2.2 Función ecohidrológica de las RPA: Sistemas fluviales naturales y potencial de generación hidroeléctrica

Otro análisis complementario valoró las RPA de acuerdo a tres grandes funciones ecológicas y conforme a su ubicación en el sistema hidrológico, lo que resultó en su clasificación como: 1) reservas captadoras y aportadoras de agua; 2) reservas conectoras, conductoras y reguladoras del tránsito del agua; y 3) reservas receptoras de la aportación total en régimen natural de agua, sedimentos y nutrientes.

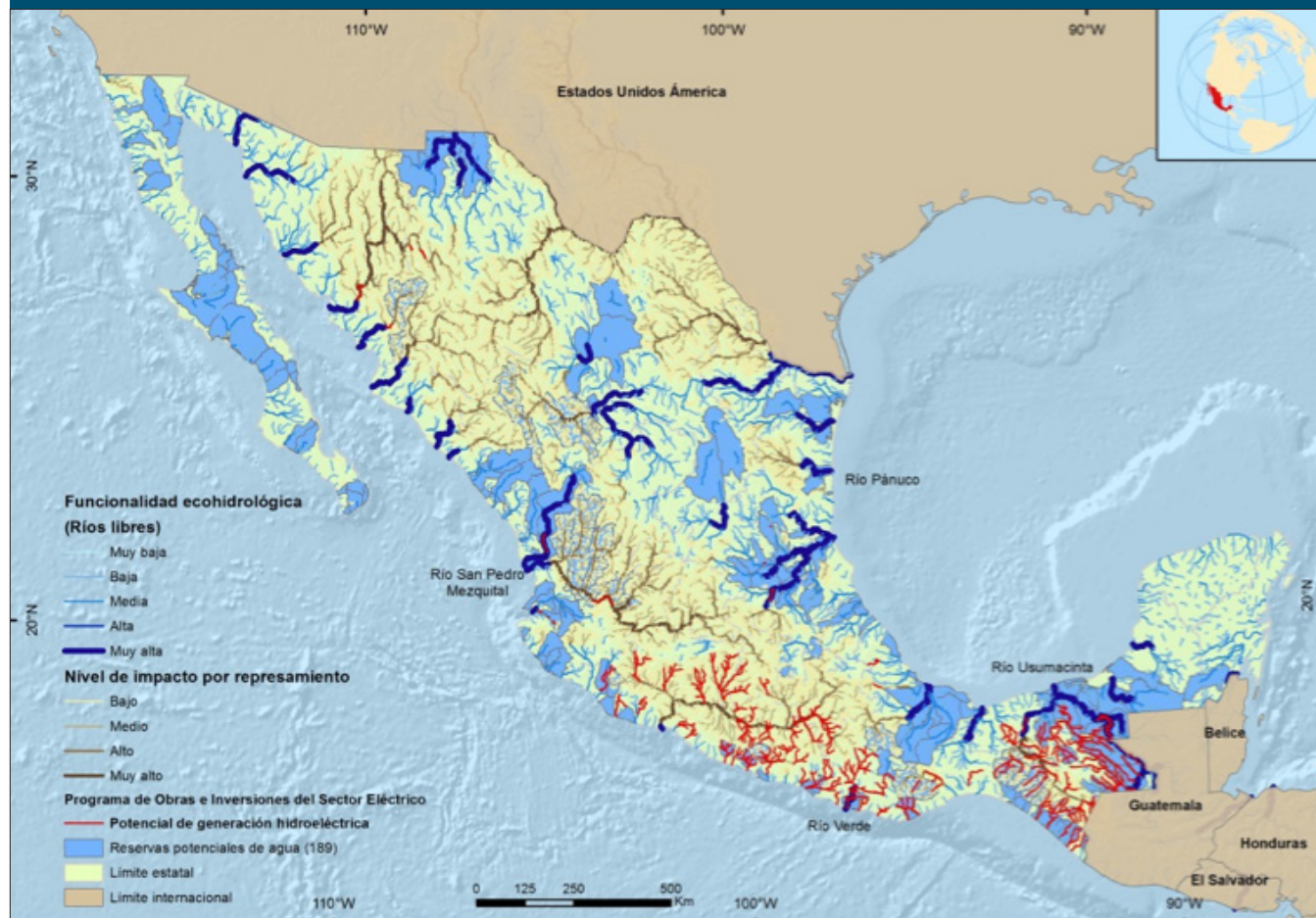
En términos de su conectividad, se identificaron aquellas RPA que mantienen cursos libres de infraestructuras en por lo menos 100 km de longitud en el cauce principal y con un área en su red de drenaje superior al 90% en relación a su cuenca sin afectación por presas con cortinas superiores a 15 m, a las que en su conjunto se denominaron sistemas fluviales naturales.

Actualmente el país cuenta con cuatro grandes sistemas fluviales naturales que mantienen su conectividad y funcionalidad ecohidrológica asociada que son: Usumacinta, Pánuco, San Pedro Mezquital y Verde-Atoyac, y que comprenden 49 RPA (Figura 6). De acuerdo con la literatura especializada (Ortíz Pérez, 2010), estos cuatro casos representan cuencas o ríos alóctonos, es decir, que cuentan con una diversidad de arreglos de su composición espacial, que mantienen su conectividad y que presentan entre sus características principales:

- Nacientes lejanas o distantes en las cuales las corrientes se perfilaron cruzando por varias regiones naturales, con diferentes climas, así como por diversos terrenos geológicos de distinto relieve.
- En su recorrido, drenan desde amplias zonas áridas, templadas y de trópico seco y subhúmedo. En cada clima hay asociaciones vegetales que reflejan con mejor definición la diversidad de ecosistemas que existen en la cuenca.
- Circula un caudal constante proveniente de un escurrimiento base, que se traduce en un medio de flujo de amplio rango que asegura una gran conectividad para captar, almacenar, concentrar, asimilar, transformar y transferir energía y materia mediante los canales abiertos de intercambios costeros, estuarinos, laterales, ribereños, de bañados en planicies bajas de inundación, entre cuerpos de agua y las orillas o con los acuíferos.

Considerando que la principal amenaza de estos sistemas fluviales es la construcción de presas hidroeléctricas, se realizó un análisis considerando los tramos con potencial de generación hidroeléctrica identificados por CFE y los proyectos ya identificados en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Hidroeléctrico (POISE 2012-2026). A partir de lo anterior se identificaron 79 RPA cuya función conectora se vería afectada por la construcción potencial de esta infraestructura (Figura 6).

Figura 6 Reservas potenciales de agua, sistemas fluviales funcionales y tramos con potencial de generación hidroeléctrica (POISE 2012-2026) en México.



Fuente: CONAGUA-WWF (2013) y CFE (2012)

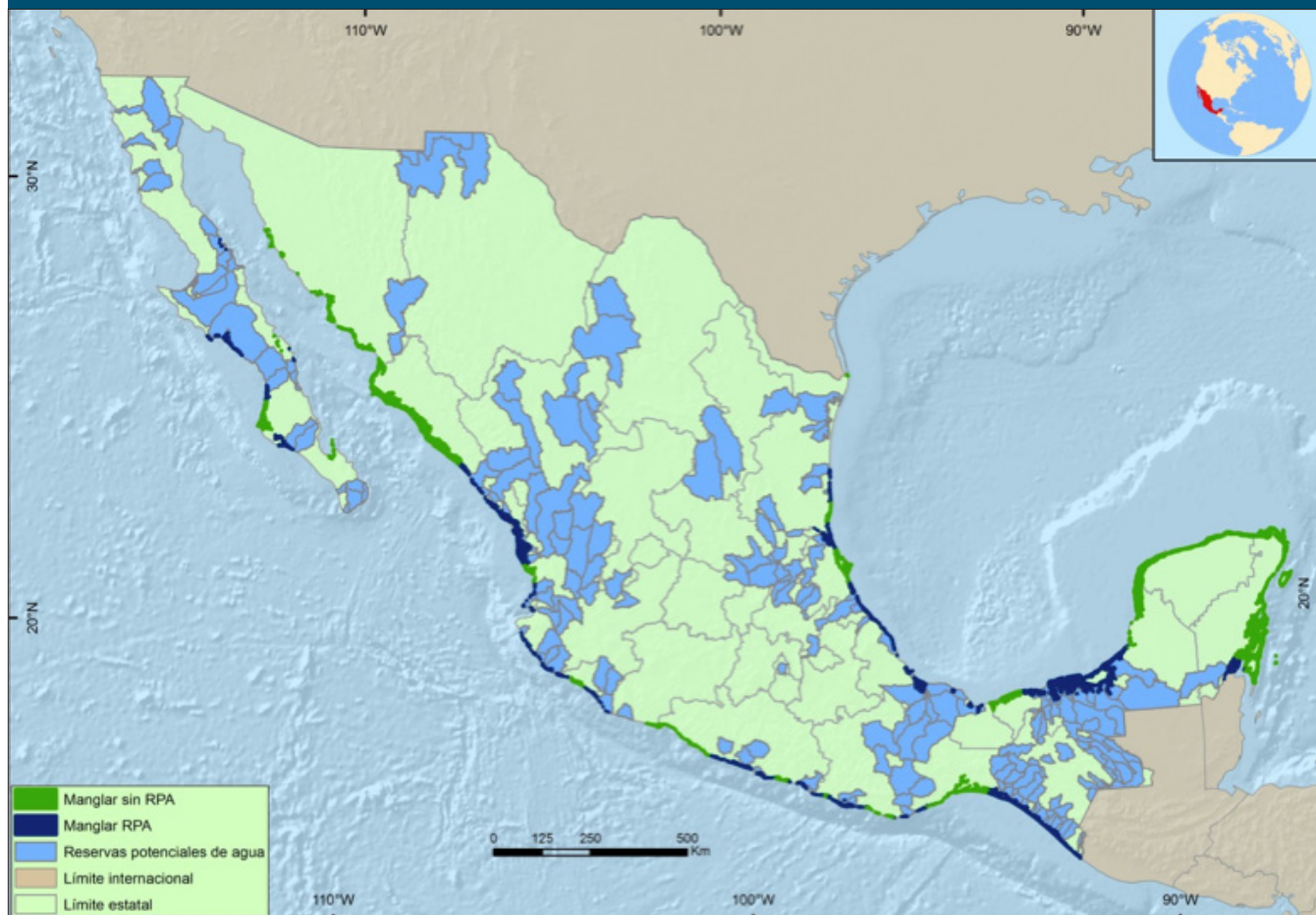
3. El potencial de conservación de la biodiversidad y adaptación al cambio climático de las reservas de agua para el medio ambiente

La identificación de las RPA para el medio ambiente ofreció la oportunidad de analizar sus implicaciones, principalmente territoriales, con otros programas y políticas públicas, y hacer evidente el gran potencial de incidencia del manejo de esta agua en la conservación de la biodiversidad. Un ejemplo de esta incidencia se puede apreciar en la relación entre las reservas de agua y la conservación del ecosistema de manglar. Las reservas de agua protegerían el régimen hidrológico de las cuencas con el 43 por ciento de la superficie de manglares en México (Figura 7). En este ámbito, es importante destacar que alrededor de la mitad de las reservas potenciales se encuentran en zonas costeras, por lo que su establecimiento asegura el transporte de sedimentos y nutrientes para el sustento geomorfológico de deltas, sistemas estuarinos y de la línea de costa. Este servicio ambiental quedó documentado en un análisis realizado en Marismas Nacionales el cual mostró que los sedimentos en la zona de influencia del río San Pedro Mezquital provienen de la cuenca media y alta, con tasas de sedimentación de entre 1-4 cm/año registradas en un periodo de 40 años (CONAGUA-BID-Alianza WWF-FGRA, 2014).

Es evidente que las RPA fortalecen las políticas y programas de conservación de la biodiversidad por el simple hecho de hacer congruente el manejo del agua con fines de conservación con el manejo del territorio protegido. Sin embargo, para garantizar esta congruencia y asegurar sus beneficios se ha planteado la integración de los instrumentos de regulación disponibles, en principio el decreto de reserva de agua con los programas de manejo de las ANP, en el ámbito federal.

Entre las sinergias que se han identificado están por un lado aquellas que fortalecen el marco de protección de la ANP al disminuir la presión por actividades asociadas a usos del agua no considerados o limitados por la reserva. Tal es el caso de la restricción en el uso del agua para actividades productivas, como podrían ser la agricultura o acuacultura, lo que representa una disminución de la presión por el desarrollo de estas actividades en las diferentes zonas de protección de la ANP, y por lo tanto una disminución del cambio en los usos del suelo, una de las principales amenazas que enfrenta el manejo de las ANP en el país. Las reservas de agua también dotarían de condiciones de extraterritorialidad, al asegurar que los escurrimientos de la cuenca que forman parte de los volúmenes de la reserva de agua llegarán a las ANP aguas abajo. Esto es de particular relevancia para aquellas ANP costeras y marinas, ya que implica limitaciones de usos aguas arriba, asegura funciones de transporte de sedimentos, material genético y en general asegura la conectividad ecohidrológica del sistema, esencial para la conservación de ecosistemas costeros.

Figura 7 Las reservas potenciales de agua y su incidencia con la distribución de manglares en México.



Fuente: CONABIO (2013) y CONAGUA-WWF México (2013)

Por otro lado están las acciones de manejo del territorio que las propias ANP deberán adoptar para garantizar que la reserva cumpla su función ecológica en el ámbito territorial, como serían aquellas relacionadas con un adecuado manejo de eventos extremos, ya sea inundaciones o sequías, evitando bordos, tapos, ocupación de cauces, etc. Este trabajo implica acciones físicas y trabajo con las comunidades residentes y gobiernos locales.

Es muy importante aclarar que estas acciones complementan la implementación de la reserva de agua, la cual se asegura con la emisión del decreto, y que deberán ser materia de los programas de manejo de las ANP.

Otra contribución importante a la conservación se refiere a la designación de nuevas ANP. Las RPA ocupan una superficie de 78,568 km² adicional a las ANP y sitios Ramsar y que a la fecha no se encuentra bajo ningún esquema de protección del territorio, pero que por la presencia de un régimen hidrológico con baja o nula alteración supondría buenas condiciones de conservación de la biodiversidad. Estas zonas han sido ya consideradas por la CONANP como parte de sus criterios para la ampliación de las ANP, y alcanzar así la meta del 17% del territorio bajo protección, compromiso del Gobierno de México ante la CDB.

El PNRA ha dado la oportunidad de mejorar el conocimiento existente sobre la ictiofauna en el estado de Jalisco. Obtuvimos comunidades de peces muy raras, en términos ictiológicos, cuya distribución a nivel nacional y en sentido longitudinal de los ríos fue sorpresiva. Encontramos dos especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010: la cucharita de río (*Gobiesox fluviatilis*; amenazada) y el topote del Pacífico (*Poecilia butleri*; bajo protección especial). Adicionalmente colectamos el pez miraestrella (*Dactyloscopus amnis*) sin reporte previo en el estado. Y por último, un par de sorpresas que no esperaba colectar en temporada de secas aguas arriba del litoral, lagunas o de las partes más inmediatas al mar en aguas salobres: el lenguado tapadera (*Citharichthys gilberti*) y ejemplares todavía sin identificar a nivel de especie de *Caranx sp.*

Dr. Norman Mercado Silva, durante el proyecto investigador de la Universidad de Arizona (USA), actualmente investigador de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos

En el contexto de cambio climático, el último informe del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático reconoce que una gran parte de las especies terrestres y de agua dulce enfrentan un riesgo creciente de extinción por las condiciones climáticas proyectadas, el cual a su vez interactúa con otros factores de estrés como la modificación de los hábitats, la sobre-explotación, la contaminación y las especies invasoras (IPCC, 2014). El mismo informe indica que bajo estas proyecciones se reducirían la disponibilidad de aguas superficiales y subterráneas de forma sustancial en las regiones secas subtropicales, con lo que se intensificaría la competencia por el agua y por lo tanto la presión sobre los ecosistemas. El no contar a la fecha con la protección del agua que requieren los ecosistemas, como se ha venido señalando a lo largo de este documento, representa una situación de gran vulnerabilidad para muchas especies y a final de cuentas para la conservación de la biodiversidad.

Considerando que la adaptación se define como aquellos ajustes y medidas en los sistemas humanos y naturales, que son necesarios para reducir los impactos negativos del cambio climático y aprovechar sus aspectos positivos (INECC, 2012), las reservas potenciales de agua han sido reconocidas como una acción de adaptación al cambio climático de la gestión del agua y de las políticas de conservación de la biodiversidad por el Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018 del Gobierno Federal. En el ámbito de la gestión del agua, las reservas crean una capacidad hidrológica (buffer) para amortiguar el impacto de eventos extremos que afectarán al ciclo hidrológico y por lo tanto favorecen una gestión resiliente y menos vulnerable. En el ámbito de la conservación, un sistema o red de reservas de agua, al garantizar la funcionalidad del ciclo hidrológico, promueve la conservación de la conectividad de al menos 90 cuencas del país y de sus corredores riparios, lo que crea condiciones favorables para el movimiento de especies y su adaptación a nuevas condiciones climáticas. Todos estos aspectos están siendo analizados con detalle como parte del proceso de establecimiento de la reserva de agua como medida de adaptación ante el cambio climático.

En el ámbito del desarrollo de infraestructura, las RPA están haciendo evidente el valor de la conectividad eco-hidrológica y por lo tanto la necesidad de incorporar este atributo en la planeación del territorio. Las RPA al transitar por un cauce evitan las invasiones de la zona federal y mantienen el cauce libre de materiales, basura y vegetación, lo que conserva la capacidad de evacuación de eventos extremos, es decir, las RPA mantienen una infraestructura verde o natural que reduce la vulnerabilidad de la sociedad a las inundaciones.

En la NMX se establece como campo de aplicación las Manifestaciones de Impacto Ambiental (MIA). Esto implica que la autoridad podrá solicitar para todo proyecto que potencialmente altere el régimen hidrológico en RPA una evaluación de caudales ecológicos, para conservar un régimen con todos sus beneficios. De esta manera, las RPA y la aplicación de la NMX son instrumentos con el potencial de facilitar el desarrollo y evaluación de

las MIA. En la actualidad, la modificación del marco regulatorio de las MIA es un tema presente en la agenda ambiental del país y en donde las RPA tienen mucho que aportar como instrumento de planeación ambiental estratégica del territorio.

Como instrumento de planeación, las reservas potenciales de agua ya han tenido incidencia en diferentes políticas nacionales, como la Política Nacional de Humedales, la Política Nacional de Mares y Costas, y forman parte explícita del Programa Especial de Cambio Climático 2014-2018, el Programa Sectorial de Medio Ambiente 2013-2018 y el Programa Nacional Hídrico 2014-2018.

Un gran acierto del PNRA ha sido dejar su ejecución a cargo de la sociedad civil organizada, en este caso, WWF México. El valor agregado de una ONG es su condición estratégica para crear relaciones de confianza, lograr colaboración del sector académico y conectar al sector público, privado y a las comunidades con instituciones de gobierno, eso permite construir una política pública cimentada. El PNRA es uno de los primeros de su tipo en el mundo, diseñado e implementado desde una visión de abajo hacia arriba, que se ve materializada en una realidad política y de manejo del agua. Por ello puede liderar y llevar su experiencia a otros países con diferentes realidades y contextos.

Una de las grandes amenazas a la seguridad hídrica de México es la sobreexplotación de los recursos superficiales -en ríos y lagos- pero también de los subterráneos. La importancia del programa radica en estar elaborado por completo bajo métodos de adaptación contra los impactos del cambio climático, cuyo objetivo inicial está centrado en todos aquellos sitios con gran interés de conservación y escasa presión hídrica.

Dr. Bart Wickel, Senior Scientist, Stockholm Environment Institute

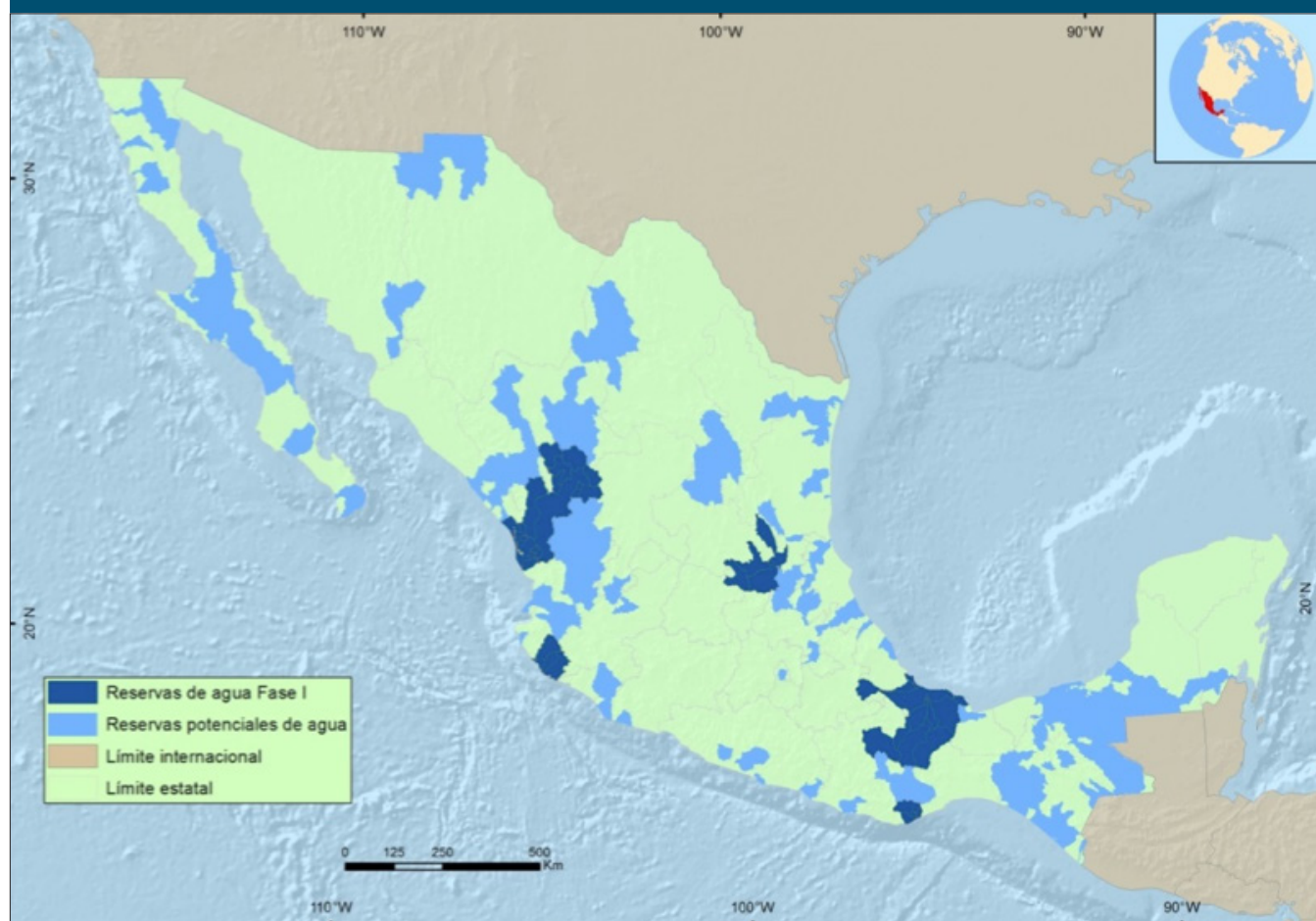
4. Implementación de las RPA piloto

A partir de la publicación de la NMX y de la identificación de las RPA, la CONAGUA en colaboración con la Alianza WWF-FGRA y con el apoyo del BID y de consultores de OMM iniciaron el actual Programa Nacional de Reservas de Agua, al cual se unió la CONANP por las implicaciones en las ANP y en particular de los humedales Ramsar del país. El programa en una primera fase estableció como objetivos:

- Establecer las 189 reservas de agua para el 2018, y en especial proteger el régimen hidrológico de 55 sitios Ramsar y 97 ANP.
- Demostrar los beneficios de las reservas de agua como instrumento garante de la funcionalidad del ciclo hidrológico y sus servicios ambientales.
- Crear las capacidades en el país para la determinación, instrumentación y vigilancia de caudales ecológicos, en las reservas de agua y posteriormente en el resto del país.

Para su arranque se seleccionaron seis zonas piloto (Figura 8) considerando aquellas cuencas clasificadas como de “Muy Alta” factibilidad en el análisis de identificación de RPA y la presencia de grupos académicos u Organizaciones de la Sociedad Civil con conocimiento de la zona. Las zonas seleccionadas fueron Copalita-Zimatán-Coyula y San Pedro Mezquitla ya con una propuesta de caudal ecológico fruto del trabajo previo de la Alianza WWF-FGRA, y las zonas de Sierra Gorda, Papaloapan, Chamela y Acaponeta. Las instituciones responsables de implementar los proyectos en campo fueron la Universidad Autónoma de Querétaro en Sierra Gorda, el Instituto de Ecología A.C. en Papaloapan, la Universidad de Guadalajara en Chamela y Pronatura Noroeste A.C. en Acaponeta.

Figura 8 Zonas piloto del PNRA.



Fuente: CONAGUA-WWF México (2013)

El desarrollo del proyecto en esta fase piloto se estableció a partir de una coordinación técnica a cargo de la Alianza WWF-FGRA, cuyas funciones fueron:

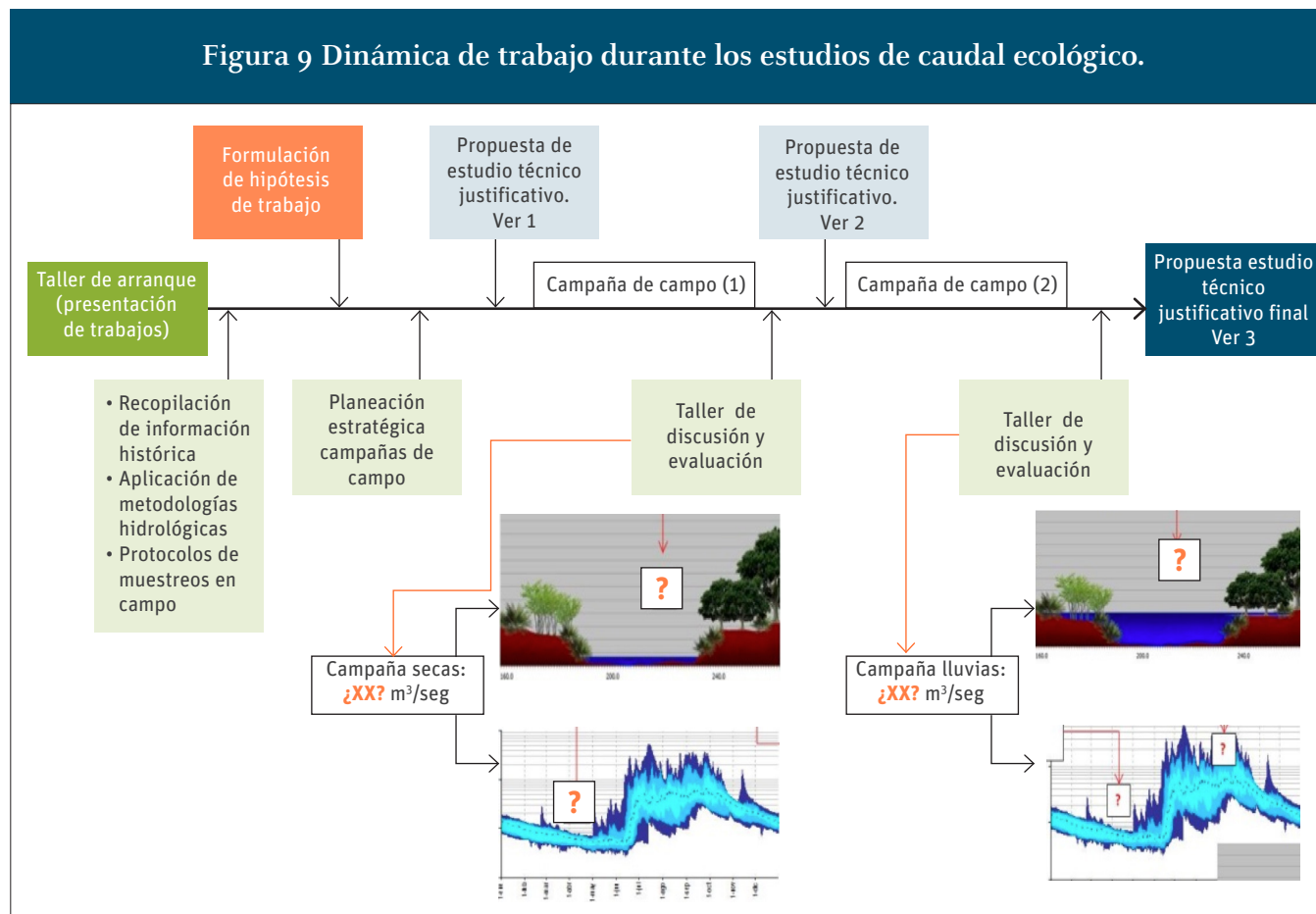
- Identificar los grupos de trabajo para cada zona piloto e integrar a los participantes de CONAGUA y CONANP.
- Capacitar a los participantes y guiar el proceso de aplicación de la norma de caudal ecológico
- Guiar las discusiones de la propuesta integrada del régimen de caudales ecológicos para cada zona
- Integrar el expediente para que la CONAGUA gestione el decreto de reserva de agua
- Ser el enlace entre la Subdirección General Técnica de CONAGUA y la CONANP
- Sistematizar las experiencias para el desarrollo de protocolos de trabajo para fortalecer la NMX

Una vez conformados los grupos de trabajo por zona, se inició el proceso mediante la aplicación de la NMX en un proceso iterativo, con una permanente retroalimentación, que incluyó talleres de arranque, talleres de hidrología,

sesiones de planeación de las campañas de campo (estiaje y lluvias) y talleres de discusión de caudal ecológico. La secuencia de este proceso se ilustra en la Figura 9.

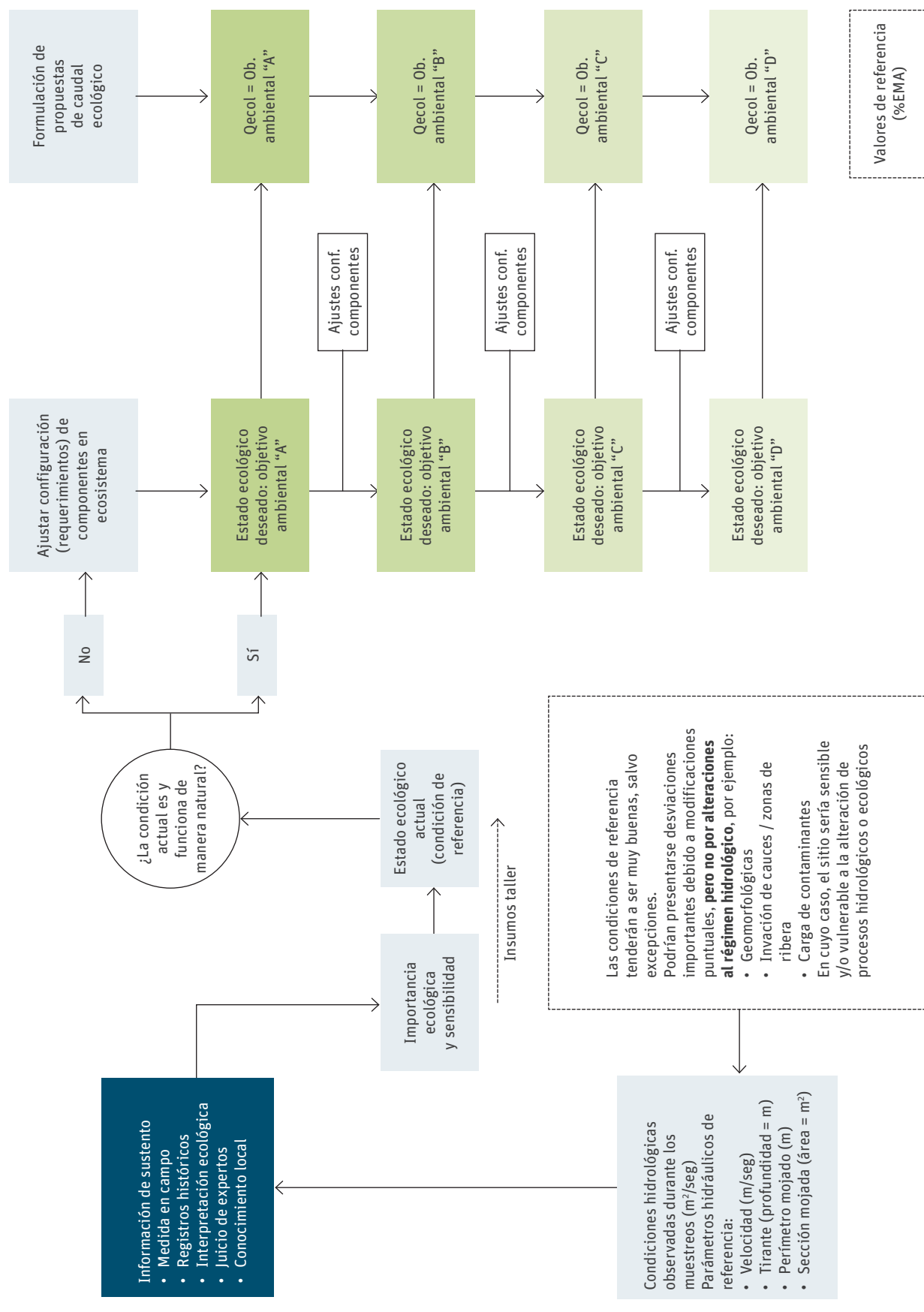
Los talleres de discusión de caudal ecológico son el principal ejercicio de análisis, se trata de un proceso multidisciplinario que construye la propuesta de caudales a partir del conocimiento de cada participante, de la información generada en las campañas de campo y de información de otras fuentes. Todo esto se integra en una hipótesis de trabajo sobre el estado ecológico actual, y los posibles escenarios de manejo asociados a los cuatro objetivos ambientales que establece la norma. Este proceso que también incluye a representantes de CONAGUA y CONANP es de gran relevancia para el entendimiento colectivo de la cuenca, sus funcionamiento y del valor de los caudales ecológicos para la GIRH. Un esquema de la dinámica de análisis que se sigue en estos talleres se presenta en la Figura 10.

Las cuencas seleccionadas en esta primera fase tienen características climáticas -y en consecuencia hidrológicas- diferenciadas, por lo que el seguimiento a la aplicación de la norma representó una experiencia enriquecedora de particular relevancia para su fortalecimiento. Tal fue el caso de la determinación de caudal ecológicos en cuencas hidrológicas sin información hidrométrica, de corrientes intermitentes con gran influencia tropical como San Nicolás B, que desemboca en la Reserva de la Biósfera y sitio Ramsar Chamela-Cuixmala, o de corrientes perennes con gran aportación de caudales de base como Llanuras del Papaloapan, donde está ubicado el sitio Ramsar Sistema Lagunar de Alvarado. Este trabajo se sistematizó en protocolos de campo de geomorfología, calidad del agua, vegetación, macroinvertebrados y peces.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10 Dinámica de los talleres de discusión y evaluación de caudal ecológico.



Fuente: Elaboración propia

5. Resultados

Los resultados de las propuestas de caudales ecológicos en estas zonas piloto han permitido valorar el alcance geográfico, biológico y social de las evaluaciones. Las reservas de agua en estas zonas implican:

- 43 cuencas hidrológicas con una superficie de 91,676 km² (4.5% del territorio nacional) en donde se mantendrá la conectividad longitudinal, vertical y lateral de 4,552 km de cauces principales, 31 acuíferos, 17 ANP y 13 sitios Ramsar.
- Un volumen de reserva que en promedio representa el 53% del escurrimiento medio anual de las cuencas y que en conjunto es de 48,646 Hm³ anuales lo que implica cerca del 11% del escurrimiento medio anual nacional.
- Por lo que respecta a los alcances biológicos, estas reservas de agua garantizarán las necesidades hídricas de 546 especies bajo alguna categoría de protección, 99 de ellas directamente consideradas en los análisis para la determinación de los caudales ecológicos.
- Se fortalecieron las capacidades de 58 instituciones entre agencias de gobierno, instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil y participaron un total de 138 expertos en el desarrollo de los estudios y las propuestas de caudal ecológico.

El 15 de septiembre de 2014 se publicó el primer decreto presidencial de reserva de agua que comprende 11 cuencas de la subregión hidrológica Río San Pedro y que alimenta a la Reserva de la Biósfera y sitio Ramsar Marismas Nacionales. Este decreto establece las reservas para el ambiente, uso doméstico y público urbano, y generación de energía eléctrica para uso público, para los próximos 50 años, así como las condiciones para autorizar estos usos y garantizar que actúen de forma complementaria y sinérgica. Los resultados de los estudios de caudal ecológico en cada zona se presentan en las fichas técnicas del Anexo 2.

5.1 Los servicios ambientales de las reservas de agua

El establecimiento de caudales ecológicos, como cualquier asignación de agua, implica limitaciones para otros usos, así como beneficios y costos para la sociedad y los particulares. Como se mencionó anteriormente, la NMX establece un principio de balance entre diferentes niveles de conservación u objetivos ambientales que implican diferentes volúmenes de agua. A mayores estados de conservación se requieren mayores volúmenes de agua en el ambiente y de una mínima alteración del régimen hidrológico, y a mayores usos del agua se tendrá menos agua en el ambiente y una mayor alteración del régimen que implica menor estado de conservación u objetivo ambiental. Este balance entre usos del agua y conservación es el principio de la valoración de las reservas de agua para el ambiente, el cual busca garantizar los máximos beneficios para la sociedad.

Durante muchos años la asignación de agua al ambiente fue considerada únicamente como una restricción a los usos y por lo tanto una limitante al desarrollo de actividades productivas; de aquí el rechazo habitual a su adopción o su establecimiento como volúmenes mínimos. Este proyecto ha ofrecido la posibilidad de empezar a entender los beneficios de mantener el agua en el ambiente y por lo tanto de las condiciones que implican alcanzar un balance entre la asignación de agua para una actividad productiva en manos de un particular, y el mantener el agua garantizando servicios para todos, en particular para comunidades marginadas cuya subsistencia en buena medida depende de estos servicios. Esta concepción empieza a cambiar la percepción ilustrada por el aforismo dicho “...una gota que llega al mar es una gota desperdiciada”, por el entendimiento de que, expresado con la misma imagen, “...una gota que llega al mar es la más productiva para la sociedad”, verdadero principio de la gestión integrada de recursos hídricos.

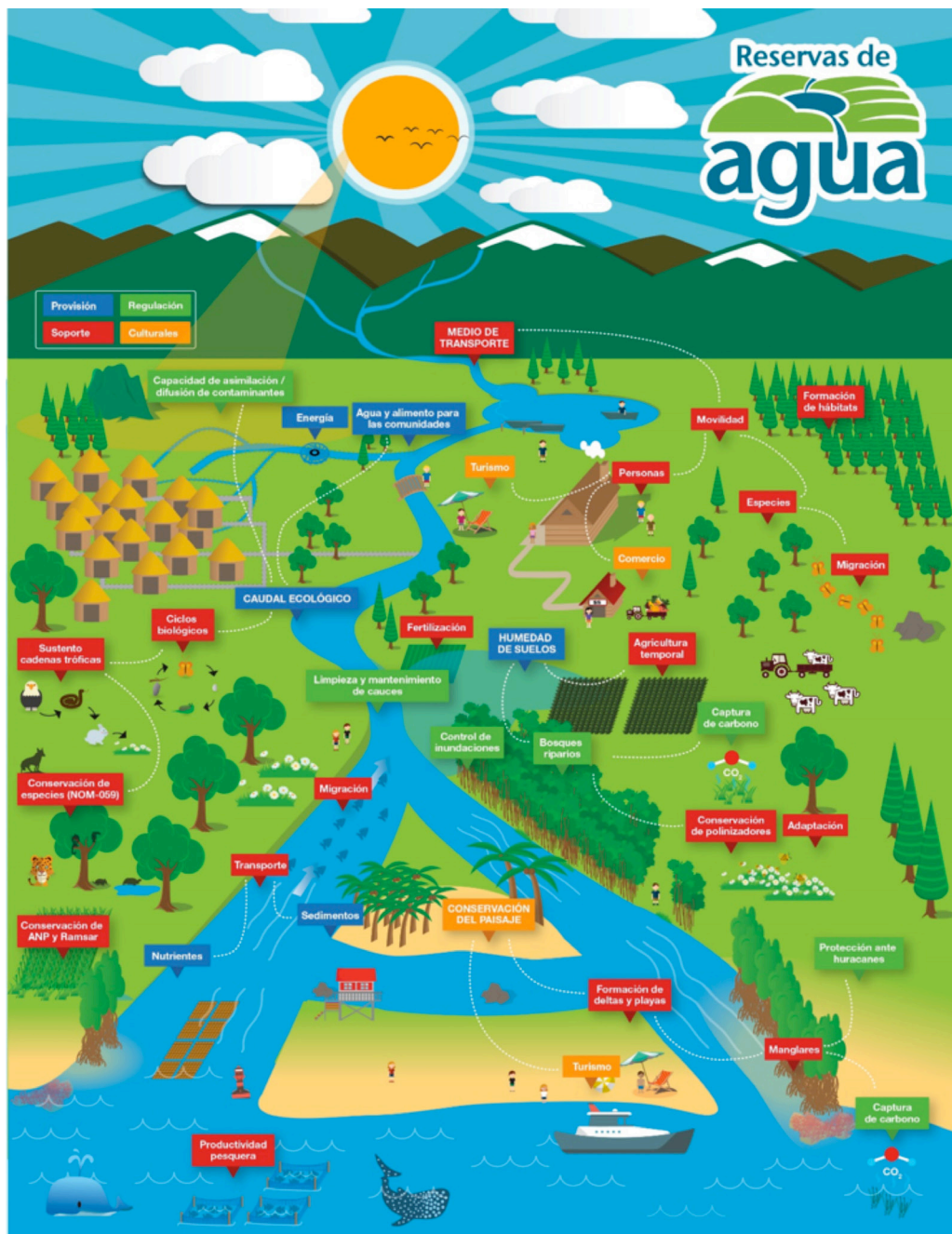
Los servicios ecosistémicos o ambientales generalmente se clasifican como de soporte, provisión, regulación y culturales. Las reservas de agua sustentan diferentes tipos de servicios. La posibilidad de obtener cierta cantidad de agua año con año se considera un servicio de provisión, ya sea en el río mismo o en los acuíferos de la cuenca. También es un servicio de provisión el arrastre de los sedimentos, y el transporte de nutrientes que asegura la productividad pesquera en las zonas costeras. Este mismo proceso forma los cauces, meandros y las playas, servicios considerados de soporte o sustento para la conservación de la biodiversidad y el desarrollo del turismo.

Los servicios de regulación del ciclo hidrológico asimilan y diluyen contaminantes, lo que mejora la calidad del agua. La capacidad de amortiguamiento de eventos extremos -ya sean tormentas o sequías que se presentan en una cuenca sana y con un ciclo hidrológico natural o funcional- es también un servicio de regulación.

Los servicios ambientales clasificados como culturales permiten la conservación de medios de vida en territorios indígenas, zonas patrimonio de la humanidad y regiones o paisajes con algún interés o significado cultural.

La Figura 11 muestra los servicios ambientales asociados a la conservación o establecimiento de una reserva de agua.

Figura 11 Las Reservas de Agua y los servicios ecosistémicos o ambientales.



Fuente: Elaboración propia

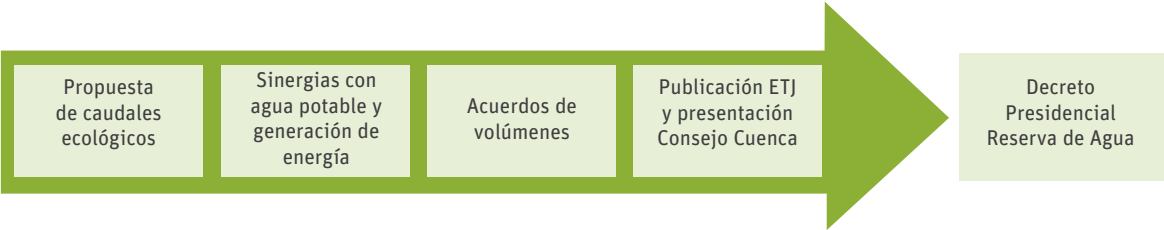
5.2 Decreto de reserva de agua

El proceso de evaluación para la propuesta de caudal ecológico termina con la integración de un Documento de Evaluación de Caudal Ecológico (DECE) que corresponde a la memoria técnica del proceso e incluye toda la información recopilada y generada, las consideraciones e hipótesis de trabajo y los resultados de las discusiones multidisciplinarias para llegar a la propuesta de caudales ecológicos para un objetivo ambiental acordado para cada una de las cuencas hidrológicas de la región de estudio. Cabe señalar que como parte de la propuesta de caudal ecológico y tal como lo establece la NMX, se determina un régimen hidrológico o caudal ecológico para un objetivo ambiental a conservar o a recuperar, que es una referencia para asignar los volúmenes disponibles.

En el caso de las reservas de agua, por tratarse de zonas en buen estado de conservación, los objetivos ambientales generalmente fueron los más elevados (A o B) y que requieren de mayor cantidad de agua; no obstante, se determinaron también los volúmenes para los objetivos ambientales C y D que requieren menor cantidad de agua. Esto ha traído consigo dos ventajas, por un lado la flexibilidad de acomodar el régimen hidrológico propuesto dentro de un intervalo de volúmenes considerados para el objetivo ambiental propuesto, según la realidad de cada cuenca; y por otro, proporciona un criterio de gestión para incrementar la extracción de agua con criterios ecológicos, pasando a objetivos ambientales de menor nivel.

A partir de la propuesta de caudal ecológico sustentada por el DECE ocurren diferentes etapas de discusión de las implicaciones de los gastos ecológicos propuestos en la planificación hídrica de la región y sus respectivos planes de desarrollo. Como parte de estas etapas se abren espacios oficiales de participación para los usuarios de agua y la sociedad en general. La Figura 12 muestra de forma simplificada este proceso que involucra el desarrollo y la publicación de un Estudio Técnico Justificativo (ETJ) – documento oficial a través del cual la CONAGUA recomienda al ejecutivo federal el establecimiento de una reserva de agua– y culmina con la emisión del decreto presidencial de reserva de agua, máxima protección legal de un volumen de agua en México.

Figura 12 Proceso de emisión del decreto de reservas de agua



5.2 Discusión y acuerdos de los volúmenes finales de las reservas de agua

No obstante que en el desarrollo de los estudios de caudal ecológico participan representantes de la autoridad, no es sino hasta que se cuenta con el DECE que se entra en un proceso de ajuste de los volúmenes, necesario para conciliar las necesidades propias de la gestión del agua en cada cuenca con las necesidades ecológicas según el objetivo ambiental propuesto.

El proceso de ajuste y negociación ha resultado de gran trascendencia, ya que es aquí donde se integran los requerimientos de agua de los ecosistemas en la planificación hídrica de las cuencas o unidades de gestión, en específico en la determinación del balance de disponibilidad oficial. Este es el instrumento fundamental de la gestión, su establecimiento y revisión lo establece la Ley de Aguas Nacionales y el procedimiento está regulado en la *Norma Oficial Mexicana 011-CONAGUA-2015 Conservación del recurso agua - Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales*.

La importancia del balance de disponibilidad radica en establecer los volúmenes que pueden ser concesionados o asignados para los diferentes usos y los volúmenes que deben de ser respetados para un uso en particular, tal es el caso de las reservas de agua para protección ecológica, abastecimiento público urbano y generación de energía para consumo público.

Dado que el fin último de la asignación de agua para el ambiente es mantener cierto régimen hidrológico fluyendo por un cauce en una cuenca, entonces cualquier gasto independientemente de su uso aguas abajo, contribuye al régimen hidrológico que se busca asegurar. De esta manera, el volumen necesario para asegurar este régimen en una cuenca hidrológica está integrado por los volúmenes que tienen que fluir porque ya están asignados o reservados cuenca abajo y los asociados a reservas de agua para abastecimiento público urbano y energía en esa misma cuenca. Esta situación favorece la asignación de agua al medio ambiente, ya que generalmente los volúmenes exclusivos se verán cubiertos o incluso superados por estas sinergias con el agua que se conduce por el cauce siempre y cuando este flujo no altere las condiciones de régimen hidrológico de los caudales ecológicos. Es decir, el régimen de caudales ecológicos va montado en el régimen de compromisos de entrega de agua cuenca abajo. La Figura 13 muestra esquemáticamente esta situación para el caso de las reservas de agua del río San Pedro Mezquital. En la parte alta de la cuenca se presenta un régimen hidrológico que corresponde al 86% del EMA que funciona como caudal ecológico y que está compuesto por los compromisos de entrega al Distrito de Riego 055 (34%), una reserva de agua para uso público urbano para la ciudad de Durango (30%) y el volumen de caudal ecológico asignado a la reserva para el ambiente o conservación ecológica (22%). Cuenca abajo se presenta la zona de mayor uso del agua, es aquí donde se encuentra la ciudad de Durango, el Distrito de Riego 055, y la zona industrial; en esta porción de la cuenca la funcionalidad ecológica queda integrada por un volumen de reserva de agua para el ambiente y un volumen comprometido cuenca abajo que en conjunto representan 25 % del EMA. En la siguiente cuenca se estableció una reserva para generación de energía que representa el 76% del EMA y que si respeta el régimen hidrológico crearía una sinergia muy importante con la reserva de agua para el ambiente para alcanzar un régimen de caudal ecológico del 90% del EMA, (92% en tanto no se utilice la reserva de agua para uso público urbano) y que garantizaría el régimen hidrológico que se requiere en la descarga de la cuenca al sistema lagunar de Marismas Nacionales, Reserva de la Biosfera y humedal de importancia internacional Ramsar. Este esquema también ilustra la conectividad que se logra establecer con las reservas de agua para el ambiente presentes a todo lo largo de la cuenca.

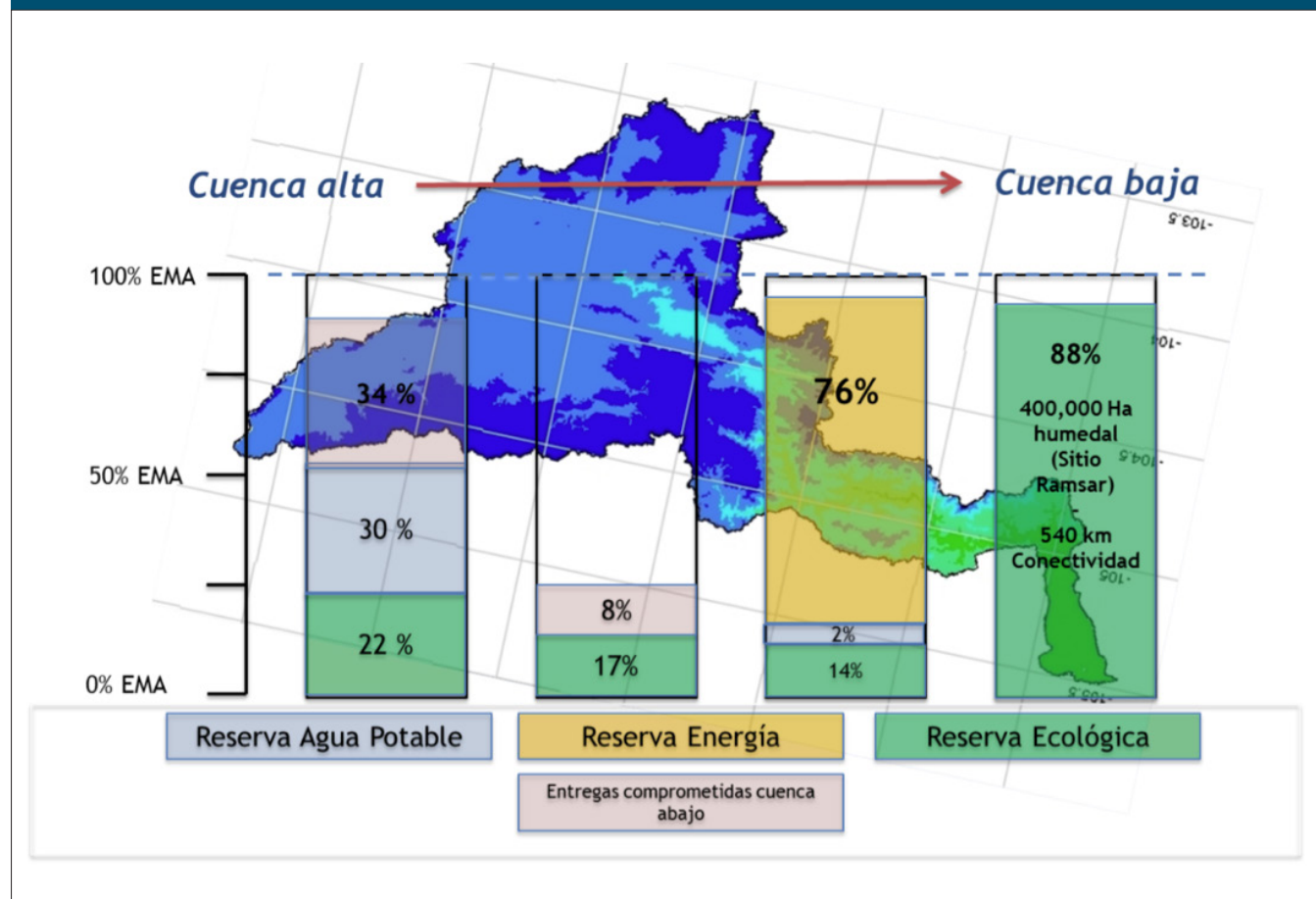
La identificación de sinergias entre los diferentes tipos de reservas ha sido de gran relevancia ya que disminuye el impacto en la disponibilidad de la adopción de un régimen de caudales ecológicos. Es importante aclarar que estas sinergias serán válidas en la medida de su contribución a la conservación del régimen y no a su alteración. La sinergia de estas reservas es un gran ejemplo de gestión integrada de recursos hídricos.

De la complementariedad de estos volúmenes surge el concepto de costo real del caudal ecológico para la gestión del agua; asumiendo como costo el volumen de agua que se excluye del proceso de asignación y que por ende reduce la disponibilidad en el balance oficial de cada cuenca para otros usos.

Expresado en términos de balance, el costo real del caudal ecológico en volumen de la reserva de agua para el ambiente (Vol_{RAA}) está dado por la siguiente ecuación:

$$Vol_{RAA} = Vol_{\text{Caudal Ecológico propuesto}} - Vol_{\text{Comprometido aguas abajo}} - Vol_{\text{Reserva Uso Público Urbano}} - Vol_{\text{Reserva Energía}}$$

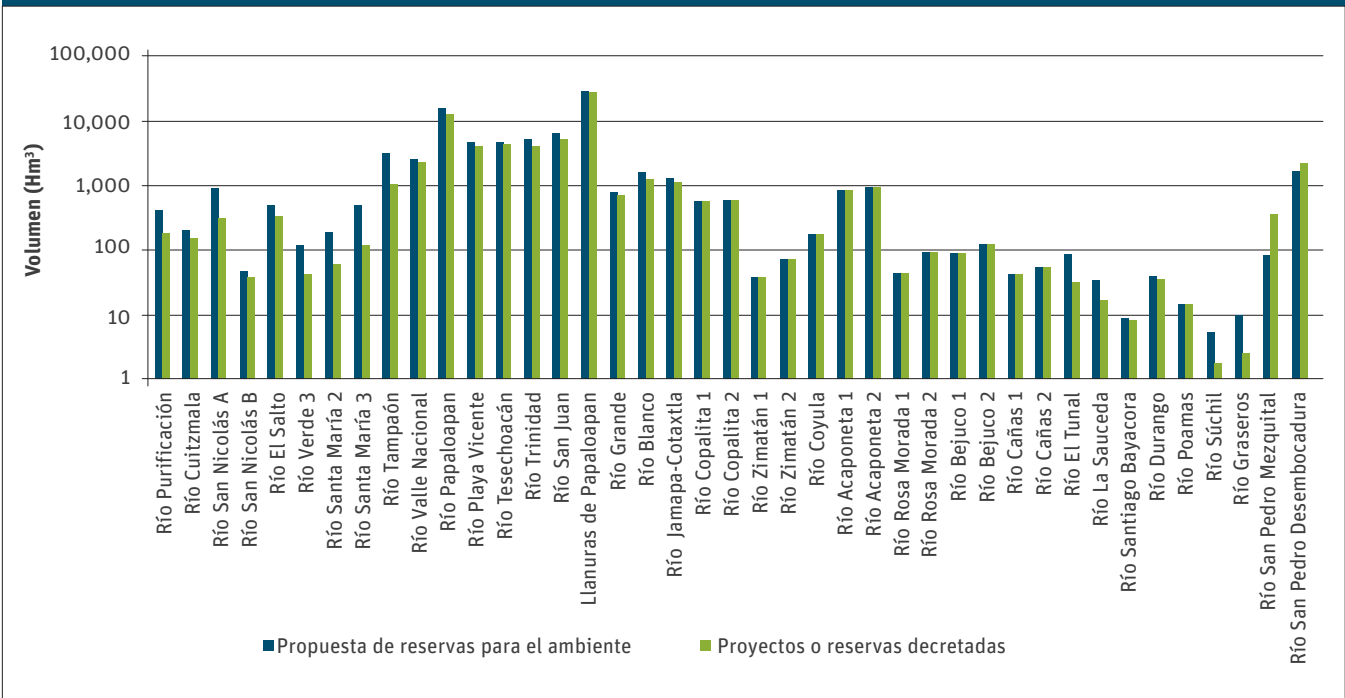
Figura 13 Sinergia entre reservas de agua y entregas comprometidas aguas abajo en la cuenca del río San Pedro Mezquital



Fuente: Elaboración propia

El resultado de este proceso de integración del balance de toda la cuenca e identificación de sinergias para las 43 cuencas de las seis zonas piloto muestra que fue posible asignar el volumen propuesto por los estudios de caudal ecológico en 24 cuencas. De las restantes, en 12 cuencas se redujeron los volúmenes propuestos en alrededor del 30%, lo que se consideró aceptable dentro del objetivo ambiental propuesto. Un criterio de relevancia para realizar este ajuste fue evitar en la medida de lo posible el cambio de la zona de disponibilidad establecida por la Ley Federal de Derechos, que representaría una mayor tarifa de agua por disminución de la disponibilidad relativa, incrementaría los costos de la reserva e impactaría a los usuarios de la cuenca. En las 7 cuencas restantes, la reducción resultó mayor al 30% por condiciones ajenas a este proceso: en tres casos (ríos La Saucedá, Súchil y Graseros) los volúmenes fueron asignados antes de la publicación de la NMX y en cuatro (Purificación, San Nicolás A, Santa María 2 y Tampaón 1) se presentaron diferencias con la información hidrométrica oficial. La Figura 14 muestra las diferencias entre los volúmenes propuestos como caudal ecológico y los asignados o propuestos como reservas de agua para el medio ambiente. Sin embargo, el resultado más interesante en esta integración de los caudales ecológicos a la gestión del agua fue que en 40 de las 43 cuencas se mantienen volúmenes importantes para concesión a usos consuntivos, lo que demuestra que la adopción de caudales ecológicos es compatible con los usos consuntivos.

Figura 14 Comparación de los volúmenes anuales propuestos para caudal ecológico y los propuestos para el decreto de reservas de agua



Fuente: Elaboración propia.

5.4 Impacto internacional

La iniciativa de creación de reservas de agua ha atraído la atención de la comunidad internacional, principalmente por tratarse de una respuesta decidida para cumplir con la asignación de agua al ambiente que mandata la Ley, y que recomiendan los acuerdos internacionales; al mismo tiempo se ha valorado por ser también una acción muy relevante de adaptación al cambio climático mediante una acción de política hídrica.

La iniciativa ha sido presentada en foros internacionales y ha sido reconocida como una práctica a seguir por la red de WWF y que ya empieza a replicarse en países como Guatemala, Colombia, Bolivia y Perú. No obstante, el mayor impacto en el ámbito internacional a la fecha ha sido la resolución XII-12 “Llamado a la acción para asegurar y proteger las necesidades hídricas de los humedales para el presente y el futuro”, adoptada por consenso de los 168 países firmantes de la Convención sobre los Humedales, llamada la Convención de Ramsar, en la reciente Conferencia de las Partes celebrada en Uruguay, del 1-9 de junio de 2015. La Convención Ramsar es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos.

En la resolución se reconoce la experiencia del PNRA y se invita a los países a considerar la experiencia de México para identificar oportunidades para reservar agua de manera preventiva y a adaptarla según las necesidades nacionales o regionales.

Las Reservas de Agua son un ejemplo de México al mundo ya que demuestran una acción efectiva de adaptación al cambio climático y manejo sustentable del agua. En tiempos de incertidumbre climática e incremento de la competencia por los recursos hídricos WWF-México y la CONAGUA han demostrado cómo construir un marco de referencia nacional para implementar el uso del agua como recurso común, dinámico y cambiante, para los ecosistemas, las comunidades, y el desarrollo de infraestructura y la economía. Considero que muchos países pueden aprender de esta visión y sus lecciones prácticas y operativas.

John Matthews, Coordinador, Secretariado Alliance for Global Water Adaptation (AGWA)

6.3 Comentarios finales

A partir de la experiencia de México en la creación y consolidación de su propia gestión del agua, y en particular de la decisión de abordar el reto de la determinación de caudales ecológicos y su implementación en cuencas de baja conflictividad ha permitido:

- Entender el ámbito de validez de diferentes metodologías y desarrollar un marco de referencia propio para su aplicación a nivel nacional.
- Establecer un proceso paulatino de creación de capacidades para cada región del país.
- Actuar de manera inmediata en aquellas cuencas donde actualmente se conserva el régimen hidrológico en forma natural o con poca alteración, y donde se facilita establecer un caudal ecológico.
- Entender que el impacto real del caudal ecológico en la disponibilidad del agua para otros usos se ve

minimizado por los compromisos de agua con usuarios cuencas abajo, por ajustes en la operación de infraestructura, o por la sinergia con reservas para uso doméstico y de generación de energía.

- Establecer un marco de referencia para la discusión objetiva de proyectos que alteren el régimen hidrológico, en particular proyectos hidroeléctricos.
- Tomar acciones preventivas para evitar conflictos futuros entre usuarios potenciales contra el agua asignada para el ambiente. Muchos de estos sitios coinciden con regiones de gran importancia ecológica, por su biodiversidad y por los servicios ambientales que representan.

Cada día es más evidente que la disponibilidad de agua en el ambiente garantiza la provisión de servicios útiles a la gestión, tales como la recarga de acuíferos, la fertilidad de planicies de inundación y tierras de cultivo, la conservación de capacidades hidráulicas de los cauces, la mejora de la calidad del agua, por mencionar algunos. La GIRH tiene un gran potencial de convertirse en una fuerza de conservación de la biodiversidad si internaliza estos servicios.

Adicionalmente, las reservas de agua han resultado en una medida de adaptación a la variabilidad climática. El porcentaje del escurrimiento medio anual que representa una reserva actúa como amortiguador de los impactos, permite manejar los riesgos de la incertidumbre climática y crea condiciones de resiliencia.

El PNRA ha permitido entender que la implementación de caudales ecológicos no es un asunto de capacidades, sino de seguridad hídrica y resguardo del patrimonio nacional.

En el desarrollo de esta iniciativa ha sido determinante la construcción de una relación de confianza entre el gobierno, sociedad civil y academia. Las organizaciones de la sociedad civil son un aliado de la GIRH en el reconocimiento de las necesidades de asignación de agua para el ambiente, y por lo tanto, en el fortalecimiento de la gestión.

A partir de esta experiencia piloto, el programa de reservas se ha venido consolidando como una política pública de gran visión. El desarrollo de esta política ha sido una experiencia innovadora para el sector hídrico ya que parte de la creación de una relación de trabajo con la sociedad civil y la apertura a la participación activa de otras entidades del sector ambiental en la gestión del agua. Es deseable mantener esta estructura de trabajo que sin duda redituará en el fortalecimiento de la gobernanza del agua en el país.

A partir de estas experiencias se han sentado las bases para continuar con un programa de trabajo que establezca en una primera etapa las 189 reservas de agua para el ambiente, lo que permitirá crear capacidades e instrumentos complementarios para abordar la adopción de caudales ecológicos en el resto del país.

7. Referencias

Alonso-Eguía Lis, P. E., Gómez Balandra M. A. y Saldaña-Fabela P (eds.). 2007. *Requerimientos para implementar el caudal ambiental en México*. Jiutepec, Morelos, México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – Alianza Fondo Mundial para la Naturaleza-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P. – Programa Hidrológico Internacional de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Barrios E., Water management and ecosystems: a new framework in Mexico, 2013, In: Federal Rivers. Managing Water in Multi-Layered Political Systems. Edited by Garrick D., Anderson G., Connell, D., and Pittcock J., Edward Elgar, UK, pp. 105

Barrios Ordoñez, J.E., Sánchez Navarro, R., Salinas Rodríguez, S.A., Rodríguez Pineda, J.A., González Mora, I., Gómez Almaraz, R., Escobedo Quiñones, H. y Reyes González, J.A. 2011. *Guía para la determinación de caudales ecológicos en México*. México, D.F.: Fondo Mundial para la Naturaleza-Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P.

Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), 2009. Atlas del Agua en México 2009. Edición 2009.

——— 2011. *Identificación de reservas potenciales de agua para el medio ambiente en México*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

——— 2013. Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS): México D.F. Subdirección General Técnica. Gerencia de Aguas Superficiales e Ingeniería de Ríos, Comisión Nacional del Agua. Sitio web: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Portada%20BANDAS.htm>

——— 2014. “Estadísticas del agua en México. Edición 2014”. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA-BID-Alianza World Wildlife Fund-Fundación Gonzalo Río Arronte. 2014. Ambientes y procesos hidrosedimentarios en la cuenca hidrográfica del río San Pedro Mezquital en Marismas Nacionales. Informe técnico.

Davies, S. P. y Jackson, S.K. 2006. “The Biological Condition Gradient: A Descriptive Model for Interpreting Change in Aquatic Ecosystems”. *Ecological Applications*: 16 (4): 1251–1266.

European Environment Agency (EEA). 2003. “Water exploitation index”. Copenhagen, Denmark: European Environment Agency. Sitio web: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/water-exploitation-index>

Forslund, A. et al. 2009. *Securing Water for Ecosystems and Human Well-being: The Importance of Environmental Flows*. Stockholm, Sweden: Swedish Water House Report 24. Stockholm International Water Institute.

García Rodríguez E., R. González Villela, P. Martínez Austria, J. Athala Molano y G. A. Paz Soldán. 1999. “Guía de aplicación de los métodos de cálculo de caudales de reserva ecológicos en México”. México D.F.: Comisión Nacional del Agua-Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. Convenio SGP-IMTA-1999.

Garrido Pérez, A., Cuevas M. L., Cotler H., González, D. I. y Tharme, R. 2010. "Evaluación del grado de alteración ecohidrológica de los ríos y corrientes superficiales de México". *Investigación Ambiental. Ciencia y Política Pública*: Instituto Nacional de Ecología – Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2(1): 25-46.

Global Environmental Flows Network. 2006. "Global Environmental Flows Network Website": International Union for Nature Conservation, International Water Management Institute, DHI Water and Environment, Delft Hydraulics, Stockholm International Water Institute, The Nature Conservancy, Swedish Water House, Centre for Ecology and Hydrology, Global Water for Sustainability and World Wildlife Fund. Sitio web: <http://www.eflow-net.org/index.cfm?linkcategoryid=1&FuseAction=main?linkcategoryid=15&siteid=2>

Global Water Partnership (GWP). 2000. "Integrated Water Resources Management (IWRM): A way to sustainability": Global Water Partnership. InfoResources FOCUS 1(03). Disponible en línea: http://www.inforesources.ch/pdf/focus1_e.pdf

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. "Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas". Ginebra, Suiza. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.). Organización Meteorológica Mundial.

Instituto Nacional de Geografía (INEGI), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biosiversidad (CONABIO) e Instituto Nacional de Ecología (INE). 2008. "Ecorregiones terrestres de México escala 1:1,000,000". *Catálogo de metadatos geográficos*. México D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biosiversidad.

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

Moore, M. 2004. "Perceptions and interpretations of environmental flows and implications for future water resource management: A survey study". Sweden: Master's Thesis, Department of Water and Environmental Studies, Linköping University.

Ortiz Pérez, M.A. 2010. "Clasificación ecogeográfica de cuencas hidrográficas: El caso de México". En *Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización* Cotler Ávalos H. (Coord.), Garrido Pérez, A., Luna González, N., Enríquez Guadarrama, C. y Cuevas Fernández, M. L. (Eds.). México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Fundación Gonzalo Río Arronte I.A.P.

Poff, N.L., Allan, J.D., Bain, M.B., Karr, J.R., Prestegard, K.L., Richter, B., Sparks, R. and Stromberg, J. 1997. "The natural flow regime: a new paradigm for riverine conservation and restoration". *BioScience* 47 (11):769-784.

Rafik, H. and Davis, R. 2009. *Environmental Flows in Water Resources Policies, Plans, and Projects. Findings and Recommendations*. Washington D.C. United States: Environment and Development. The World Bank.

Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J. and Braun, D.P. 1996. "A Method for assessing hydrologic alteration within ecosystems". *Conservation Biology*. 10 (4):1163-1174.

Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Wigington, R. and Braun, D.P. 1997. "How much water does a river need?" *Freshwater Biology*. 37: 231-249.

Secretaría de Economía. 2012. “Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012 Que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas”. México, D. F.: Diario Oficial de la Federación: Gobierno de México.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2010. “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”. *Diario Oficial de la Federación*.

———. 2012. “Adaptación al cambio climático en México: Visión, elementos y criterios para la toma de decisiones”. México D.F. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Santacruz de León, G. y Aguilar-Robledo, M. 2009. “Estimación de los caudales ecológicos en el río Valles con el método de Tennant”. *Hidrobiológica*. 19 (1): 25-32.

Sarukhán J, P. Koleff, J. Carabias, J. Soberón, R. Dirzo, J. Llorente-Bousquets, G. Halffter, R. González, I. March, A. Mohar, S. Anta and J. de la Maza. 2009. “Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad”. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Scotland and Northern Ireland Forum for Environmental Research (SNIFFER). 2005. “Criteria for WFD Groundwater Good ‘Quality Status’ and a Framework for the Assessment of Groundwater Abstractions”. Edinburgh, Scotland. Final Report Project WFD53. Disponible en línea: <http://www.sniffer.org.uk/files/9213/4183/7994/WFD53.pdf>

Stalnaker, C. B. 1982. “Instream flow assessments come of age in the decade of the 1970s”. In: W. T. Mason Jr. and S. Iker, editors. *Research of Fish and Wildlife Habitat*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA-600/8-82-022. 119-142.

Tharme, R. 2003. “A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers”. *River Research and Applications*. 19: 397-441.

Tennant, D.L. 1976. “Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources”. *Fisheries*. 1(4): 6-10.

United Nations Environment Program (UNEP). 2012. “Status Report on the Application of Integrated Approaches to Water Resources Management”. Nairobi, Kenya: United Nations Environment Program.

United States Environmental Protection Agency (USEPA). 2005. “Use of Biological Information to Better Define Designated Aquatic Life Uses in State and Tribal Water Quality Standards: Tiered Aquatic Life Uses”. United States Environmental Protection Agency.

Anexo 1

Con el apoyo de la Alianza

Gonzalo Río Arroye, I.A.P.

CONAGUA
COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA

1. Antecedentes

Desde el año 2004, la Alianza WWF-Fundación Gonzalo Río Arroye, I.A.P. (FGRA), en colaboración con la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y otras dependencias, instituciones académicas, organizaciones, usuarios del agua y comunidades rurales, ha realizado propuestas de **caudal ecológico (CE)** en tres cuencas con contextos de conservación, presión y gestión muy distintos: i) Conchos en Chihuahua; ii) Copalita-Zimatán-Huatulco en Oaxaca; y iii) San Pedro Mezquital en Durango y Nayarit. De 33 sitios analizados a detalle en las tres cuencas, en el 73% de los casos el caudal ecológico ocurre bajo las condiciones actuales; en un 21% el manejo de agua requiere de regulación en las condiciones de extracción y operación de la infraestructura; y sólo en un 6% es necesario realizar adecuaciones en la asignación de agua a los usuarios. Estos resultados fueron sistematizados para la propuesta de la Norma Mexicana de Caudal Ecológico (NMx) (Figura 1).

MODELO DE LA ALIANZA WWF-FGRA:

Figura 1. Proceso de sistematización de resultados del modelo de la Alianza WWF-FGRA

2. Principios o fundamentos científicos

Por su aplicación directa en el estudio de las necesidades hídricas de los ecosistemas acuáticos, sus implicaciones en las metodologías y en el marco normativo mexicano, los dos conceptos clave son (Figura 2):

PARADIGMA DEL RÍO NATURAL¹

GRADIENTE DE LA CONDICIÓN BIOLÓGICA²

Figura 2. Fundamentos científicos de la NMx

Cualquier metodología para determinar el régimen de CE será válida si lleva a la práctica los fundamentos científicos clave, es decir:

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

3. Objetivo

Establecer el procedimiento y especificaciones técnicas para determinar el régimen de caudal ecológico en corrientes o cuerpos de agua nacionales en una cuenca hidrológica

4. Campo de aplicación

Asignaciones, infraestructura, obras que impliquen trasvases entre cuencas y similares que requieran de una Evaluación de Impacto Ambiental. Todas las corrientes o cuerpos de agua cuyos acuerdos de disponibilidad publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF) no consideren un caudal para la conservación de ecosistemas acuáticos.

5. Referencias normativas de especial interés para la NMx

NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso del agua – Que establece que las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

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

6. Especificaciones generales

Los métodos descritos son considerados como requerimiento técnico mínimo y no excluyen la aplicación de métodos complementarios o alternos más precisos.

6.1. Objetivos ambientales

El régimen de caudal ecológico deberá determinarse con base en el objetivo ambiental asociado, de acuerdo a la importancia ecológica y presión de uso de la cuenca conforme al Anexo Técnico 1 de la NMx, ya sea en corrientes superficiales, en cuerpos receptores de diversa índole, o como parte de la descarga natural del acuífero asociado, para conservar y proteger las condiciones ambientales fomentando el equilibrio ecológico.

Los objetivos ambientales representan al estado ecológico que se pretende alcanzar o conservar en la cuenca, estableciendo la relación entre su valor de conservación (importancia ecológica) y su implicación en los usos productivos del agua (presión de uso) (Figura 3).

Figura 3. Modelo conceptual, matriz de criterios y mapa de objetivos ambientales

NORMA MEXICANA (NMX) QUE ESTABLECE EL PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DE CAUDAL ECOLÓGICO DE CUENCAS HIDROLÓGICAS

6.2. Metodologías

i. Hidrológicas (Anexos Técnicos 2, 3 y 4)

- Sin conflictividad por el uso del agua y sin régimen hidrológico alterado (Figura 4).
- Con base en valores de referencia a manera de intervalos en el porcentaje del escurrimiento medio anual y llevado a escala mensual

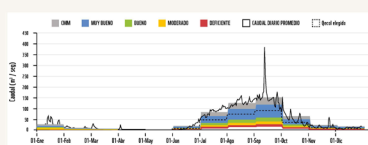
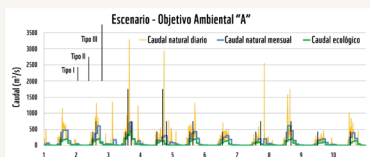


Figura 4. Régimen de caudal ecológico mediante el uso de valores de referencia

- Presencia de infraestructuras hidráulicas o hidroeléctricas con alteración sobre el régimen hidrológico (Figura 5):

- Régimen de caudales ordinarios estacionales para condiciones hidrológicas húmedas, medias, secas y muy secas
- Régimen de avenidas intraanuales, interanuales de baja magnitud y de media magnitud (tipos I, II y III, respectivamente) con sus correspondientes atributos de magnitud, duración, frecuencia, momento de ocurrencia y tasa de cambio



ii. Hidrobiológicas (Anexo Técnico 5)

- Modelos de simulación de hábitat para proyectar el ambiente físico y sus cambios en función del caudal, con el propósito de cuantificar las preferencias de hábitat de la especie que se toma como objetivo (Figura 6). Utilizan variables hidráulicas para auxiliar la determinación de la conectividad de los ríos, sus inundaciones y capacidades de los cauces. Entre los modelos más utilizados destacan:

- Metodología incremental (*Instream Flow Incremental Methodology* – IFIM)
- Sistema de simulación del hábitat físico (*Physical Habitat Simulation System* – PHABSIM)

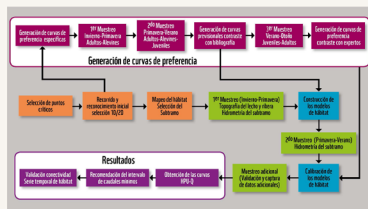


Figura 6. Esquema metodológico para el análisis de caudales ecológicos mediante modelación física del hábitat y conforme a la preferencia de alguna especie

iii. Holísticas (Anexo Técnico 6)

- Recomendables para casos donde se requiere detallar la propuesta de CE debido a la complejidad, dificultad o conflictividad social. Atienden particularidades de las zonas de estudio y, en específico, identifican el significado ecológico de los componentes del régimen hidrológico y su relación con la importancia ecológica y el impacto de los usos del agua (Figura 7). Metodologías de este tipo son:

- La de Construcción por Bloques (*Building Block Methodology* – BBM)
- Respuesta a la Modificación del Flujo Aguas Abajo (*Downstream Response to Impose Flow Transformation* – DRIFT)
- Condiciones de Referencia (*Benchmarking*)
- Límites Ecológicos de Alteración Hidrológica (*Ecological Limits Of Hydrologic Alteration* – ELOHA)



Figura 7. Modelo conceptual para el desarrollo de una metodología holística

6.3. Presentación del estudio

Para sistematizar los resultados de los estudios realizados, la determinación del régimen de caudal ecológico se presentará en función de las estaciones hidrométricas en parte alta, media y baja de la cuenca y a la salida de las subcuencas, presentando el reporte con la siguiente estructura:

- Descripción de la cuenca hidrológica
- Selección y características de la subcuenca
- Caudales ecológicos por cuenca
 - Descripción de la metodología utilizada, justificación y determinación preliminar de caudales ecológicos
 - Sitios de referencia y propuesta de régimen de caudal ecológico
- Anexos. Fichas técnicas de cada sitio de referencia analizado

Para mayor información contacte a:

Eugenio Barrios Ordóñez
Director Programa Agua WWF-México
ebarrios@wwfmex.org

Sergio Salinas Rodríguez
Oficial de Programa Conservación de Ecosistemas Acuáticos WWF-México
ssalinas@wwfmex.org

Instituciones participantes en el proyecto de Norma Mexicana

Comisión Federal de Electricidad, Comisión Nacional del Agua, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Institutos de Biología e Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, The Nature Conservancy y World Wildlife Fund, Programa México.

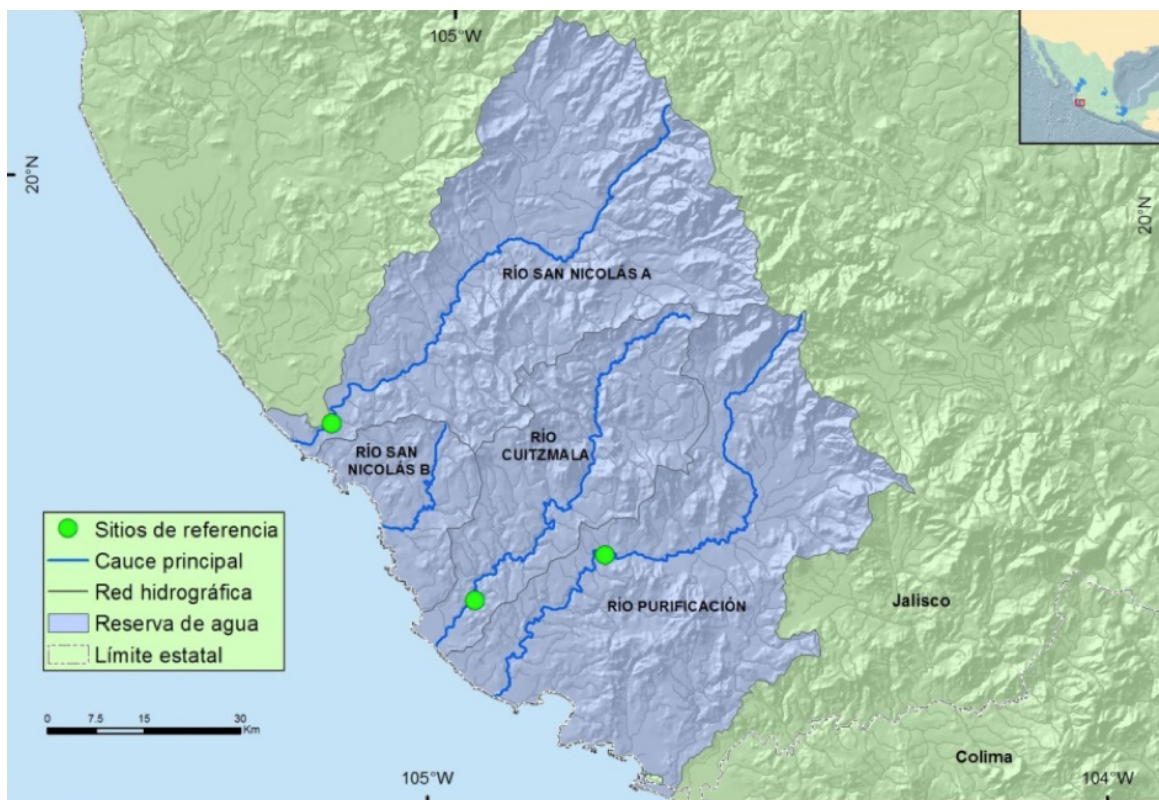
Anexo 2

Fichas técnicas de los estudios de caudal ecológico por zona de trabajo

1. Zona Chamela

La zona de trabajo denominada “Chamela” se encuentra ubicada en el estado de Jalisco bajo la jurisdicción del Organismo de Cuenca Lerma-Santiago-Pacífico de la CONAGUA (Figura A2-1 Zona piloto “Chamela”. La evaluación de caudal ecológico estuvo a cargo del Centro Universitario de la Costa Sur de la Universidad de Guadalajara con la colaboración de especialistas del Instituto de Geología, Instituto de Biología y del Centro del Centro de Investigaciones en Ecosistemas todos de la UNAM, así como de la Universidad de Arizona.

Figura A2-1 Zona piloto “Chamela”.



Fuente: CONAGUA-WWF México (2013)

La aplicación de la norma se llevó a cabo en sitios de referencia de cuatro cuencas hidrológicas que forman parte

de la región hidrológica Costa de Jalisco y desembocan en la costa del Pacífico. Los resultados se presentan en la Tabla A2- 1.

Tabla A2-1 Cuencas hidrológicas evaluadas y propuesta de reservas de agua en la zona piloto “Chamela”. Fuente: Elaboración propia

Cuenca hidrológica	Sitio de referencia	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental	Propuesta caudal ecológico	
				Volumen (Hm³)	Porcentaje del EMA
Río Purificación	Los Baños PP4	Muy bueno	“A”	186.8	40
Río Cuitzmala	Cuitzmala CP4	Muy bueno	“A”	153.0	67
Río San Nicolás A	San Nicolás SNP1	Muy bueno	“A”	316.7	66
Río San Nicolás B	-	Muy bueno	“A”	39.1	79

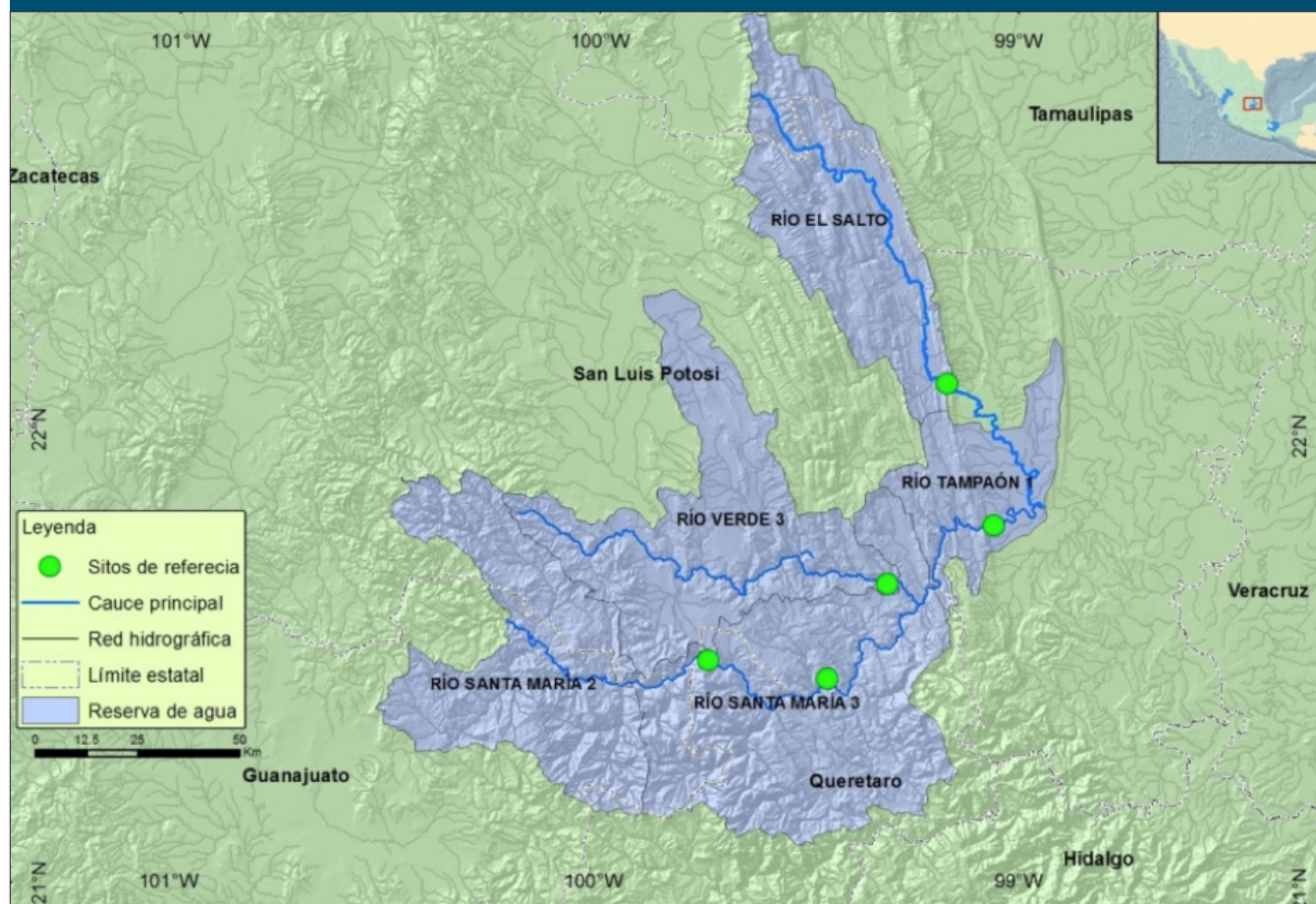
...Al discutir la idoneidad de los sitios de referencia para realizar los estudios de caudal ecológico, nos dimos cuenta de que el hábitat menos favorable para invertebrados resultó ser el más rico para peces. Eso nos enseñó que un solo indicador ambiental no es suficiente y que es necesario definir los más adecuados. De aquí que conducir los estudios de caudal ecológico en el contexto de metodologías holísticas tiene gran valía. Las reservas de agua para el ambiente son un planteamiento innovador porque es una estrategia con alcance nacional, con base en una norma mexicana con fundamento sólido de gestión del agua, conservación de recursos naturales, biodiversidad, y es compatible con el desarrollo económico. Considera la valía de la infraestructura natural como sustento de desarrollo. Como académicos participantes en el grupo de trabajo, fue una buena experiencia porque, aun cuando existía una norma, ésta era nueva y había dudas en cómo aplicarla.

Dr. Luis Manuel Martínez, Investigador del Centro Universitario de la Costa Sur, Coordinador estudios zona Chamela

2. Zona Sierra Gorda

La zona de trabajo “Sierra Gorda” se ubica en los estados de Guanajuato, Querétaro y San Luis Potosí; la gestión administrativa del agua corresponde al Organismo de Cuenca Golfo-Norte de la CONAGUA (Figura A2-2). La evaluación de caudal ecológico estuvo a cargo de la Universidad Autónoma de Querétaro, con la participación de especialistas de la Universidad Autónoma de Guerrero, la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo y del Instituto de Biología de la UNAM.

Figura A2-2 Zona piloto “Sierra Gorda”.



Fuente: CONAGUA-WWF México (2013)

La norma se aplicó en sitios de referencia de cinco cuencas hidrológicas que forman parte de la Subregión Hidrológica del Río Pánuco en la vertiente del Golfo de México. Los resultados se presentan en la Tabla A2-2.

Tabla A2-2 Cuencas hidrológicas evaluadas y reservas de agua de la zona piloto “Sierra Gorda”. Fuente: Elaboración propia

Cuenca hidrológica	Sitio de referencia	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental	Propuesta caudal ecológico	
				Volumen (Hm ³)	Porcentaje del EMA
Río El Salto	Micos	Muy bueno	“A”	499	63
Río Verde 3	Tanlacut	Bueno	“B”	119	37
Río Santa María 2	Vegas Cuatas	Muy bueno	“A”	188	54
Río Santa María 3	San Pedro Mezquital	Muy bueno	“A”	571	54
Río Tampaón 1	Puente de Dios	Muy bueno	“A”	3,225	60

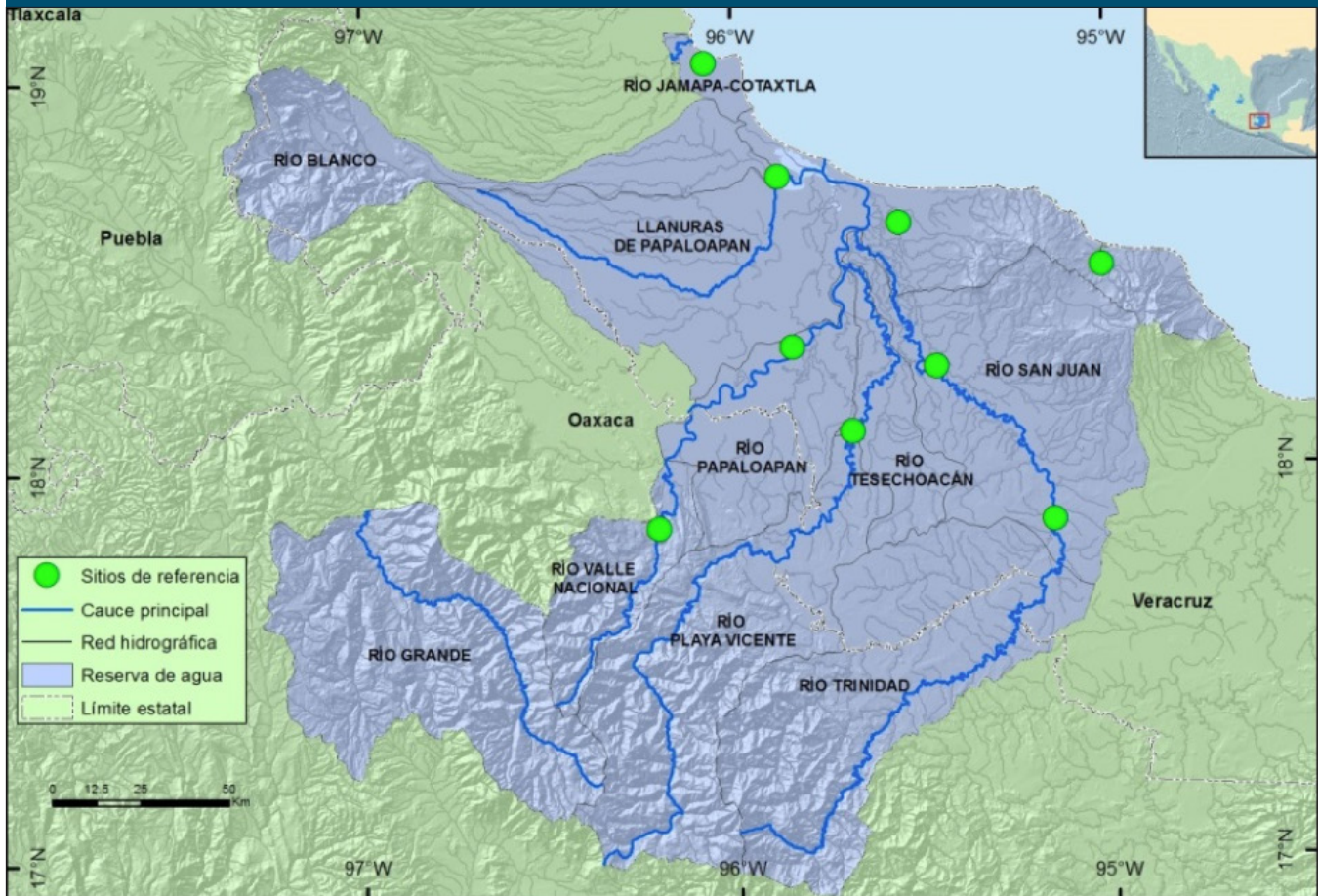
La cuestión del agua dulce en el mundo es tan urgente que no importa por donde se empiece: con la norma de caudal ecológico, con los grupos de trabajo para su implementación o con los organismos operadores. En cualquier caso hay que observar: 1) estilos y modelos de desarrollo en función de la cantidad de agua disponible; 2) cantidad de agua requerida para mantener los servicios ecosistémicos de los ríos que se requiere para el desarrollo y 3) saber qué se va a hacer con lo que se ha ensuciado o degradado. De nada sirve garantizar el agua doméstica si no tenemos mecanismos para garantizar el agua para el ambiente, base del futuro. En las ciudades podemos pagar toda la que queramos y eso no va a asegurar que tengamos suficiente para los ecosistemas. Los asesores no pueden ser los que vean al agua como litros por segundo, deben verla con un enfoque de cuencas. El trabajo en Sierra Gorda fue una gran experiencia. Los que habíamos trabajado en la zona teníamos la duda de a dónde se iban los organismos con la disminución del cauce principal. Cuando hicimos el trabajo de reservas de agua para el ambiente nos dimos cuenta de la existencia e importancia de las oquedades que se forman debajo de los árboles riparios como los ahuehuetes; en los periodos críticos de estiaje y lluvias la riqueza está ahí, en las orillas del cauce principal. Con el análisis en laboratorio encontramos no solo diversidad, sino alta abundancia. También en el río Micos encontramos epifauna altamente dependiente del sustrato (hábitat) provisto por el caudal natural. Sin caudal vamos a tener una pérdida muy fuerte de un segmento importante de la biodiversidad de moluscos en México.

Dr. Luis Raúl Pineda, Investigador Universidad Autónoma de Querétaro, Coordinador estudios zona Sierra Gorda

3. Zona Papaloapan

Esta zona de trabajo se localiza en los estados de Oaxaca, Puebla y Veracruz; su gestión administrativa corresponde al Organismo de Cuenca Golfo-Centro de la CONAGUA (Figura A2-3). La evaluación de caudal ecológico estuvo a cargo del Instituto de Ecología A. C., con la participación de especialistas de El Colegio de la Frontera Sur, la Universidad Veracruzana y de los Institutos de Biología y Geología de la UNAM.

Figura A2-3 Ubicación de la zona piloto “Papaloapan”.



Fuente: CONAGUA-WWF México (2013)

Los sitios de referencia se encuentran en ríos de 10 cuencas hidrológicas que forman parte de las Subregiones Hidrológicas Río Papaloapan y Papaloapan A en la vertiente del Golfo de México. Los resultados se presentan en la Tabla A2-3.

Tabla A2-3 Cuencas hidrológicas evaluadas y reservas de agua de la zona piloto “Papaloapan”. Fuente: Elaboración propia

Cuenca hidrológica	Sitio de referencia	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental	Propuesta caudal ecológico	
				Volumen (Hm³)	Porcentaje del EMA
Río Valle Nacional	Valle Nacional	Muy bueno	“A”	2,549	65
Río Papaloapan	Papaloapan	Bueno	“B”	15,358	72
Río Playa Vicente	Playa Vicente	Muy bueno	“A”	4,878	79
Río Tesechoacán	-	Muy bueno	“A”	4,545	68
Río Trinidad	Río Trinidad	Muy bueno	“A”	5,272	89
Río San Juan	Río San Juan	Muy bueno	“A”	6,584	84
Llanuras de Papaloapan	La Popotera y Tuxtlas	Muy bueno	“A”	29,874	71
Río Grande	-	Muy bueno	“A”	807	67
Río Blanco	Río Blanco	Muy bueno	“A”	1,602	67
Río Jamapa-Cotaxtla	Mandinga	Bueno	“B”	1,312	73

Más allá de proteger los ecosistemas desde el enfoque territorial, debemos integrar la visión de cuenca a los programas de manejo de nuestros espacios naturales, contemplar de dónde proviene el agua -muchas veces subterránea- e incluir criterios de seguimiento y evaluación sobre estas aportaciones, de lo contrario, no se estará conservando realmente la fuente principal de su integridad. El caudal ecológico mantiene el origen del recurso, conserva y garantiza la cantidad y periodicidad de agua que necesitan los ríos y los humedales y, con ésta a pesar de estar degradado o contaminado el sistema, puede restaurarse o recuperarse. Debemos incidir y demostrar que el régimen hidrológico forma parte integral de la salud de los ecosistemas y todo en su conjunto es importante para la sociedad por los servicios ambientales que prestan y por los recursos prioritarios que proporcionan, como el agua dulce.

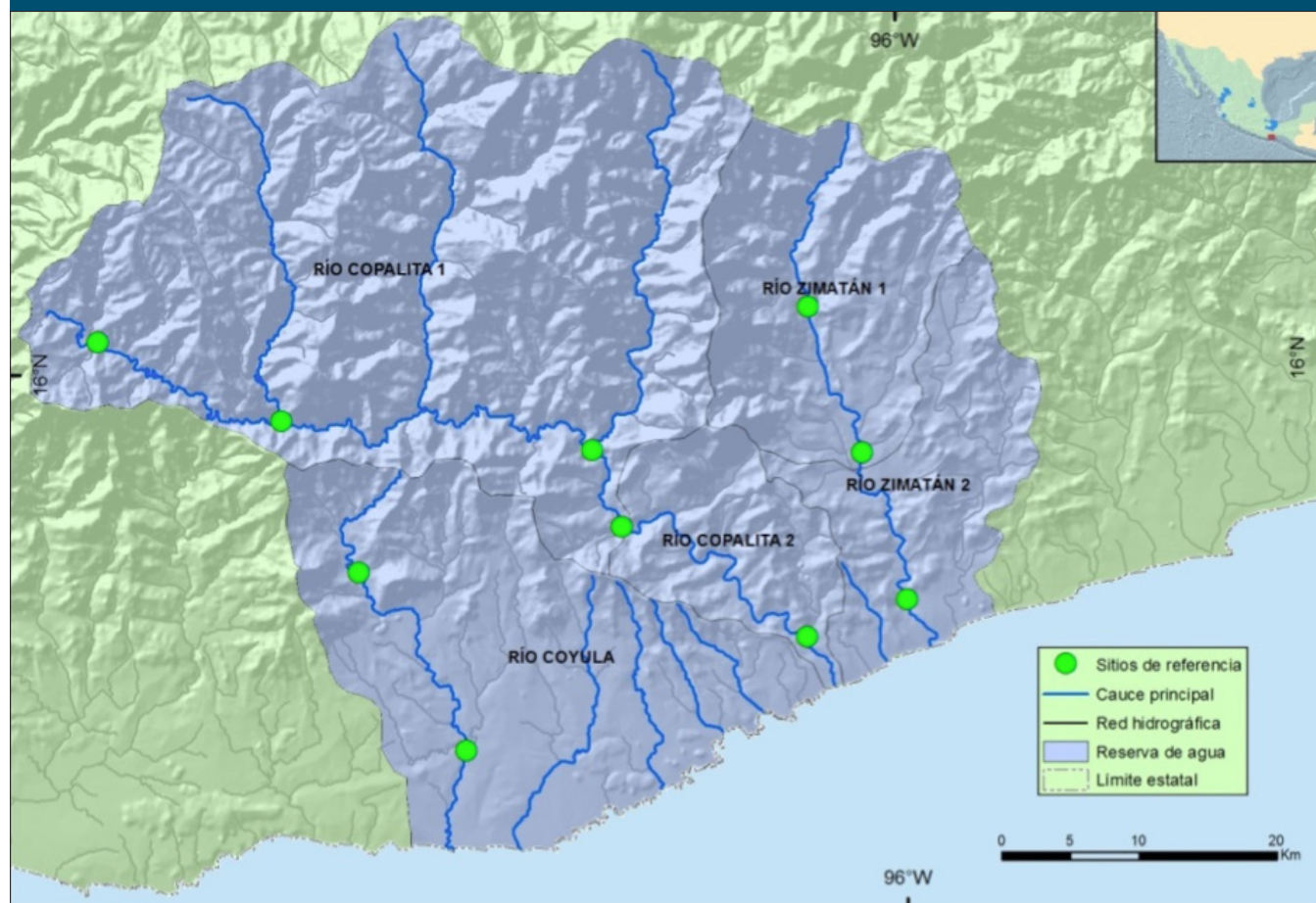
Egipcios, babilonios, aztecas y olmecas, entre otras civilizaciones, se asentaron en la proximidad de los cuerpos de agua de los cuales dependía su subsistencia. El mundo moderno ha optado por la ingeniería y por el control de este recurso a su conveniencia, produciendo grandes desequilibrios ambientales y pérdida de ecosistemas con el manejo no sostenible. En contraste y a la usanza de los pueblos antiguos, en San Juan Evangelista en Veracruz, las cosechas y el ganado se recogen antes de las inundaciones por el desborde periódico del agua de los ríos. Las actividades productivas de la gente están sincronizadas con el régimen hidrológico, y reconocen que sus crecidas naturales son necesarias para fertilizar y mantener los campos, ello permite conservar manchones enormes de selva.

Dra. Patricia Moreno Casasola, Investigadora Instituto de Ecología A.C., Coordinadora Estudios en el río Papaloapan

4. Zona Copalita-Zimatán-Coyula

Esta zona de trabajo consiste en un complejo de cuencas hidrológicas ubicadas en el estado de Oaxaca, cuya gestión administrativa corresponde al Organismo de Cuenca Pacífico Sur de la CONAGUA (Figura A2-4). La evaluación de caudal ecológico fue desarrollada por la Alianza WWF-FGRA, con la colaboración de especialistas de los Institutos de Biología y Geología de la UNAM, y de la Unión Nacional de Trabajadores Agrícolas de Oaxaca.

Figura A2-4 Ubicación de la zona piloto “Copalita-Zimatán-Coyula”.



Fuente: CONAGUA-WWF México (2013)

Los sitios de referencia se ubicaron en cinco cuencas hidrológicas que forman parte de la región hidrológica Costa de Oaxaca y desembocan al Océano Pacífico. Los resultados se muestran en la Tabla A2-4.

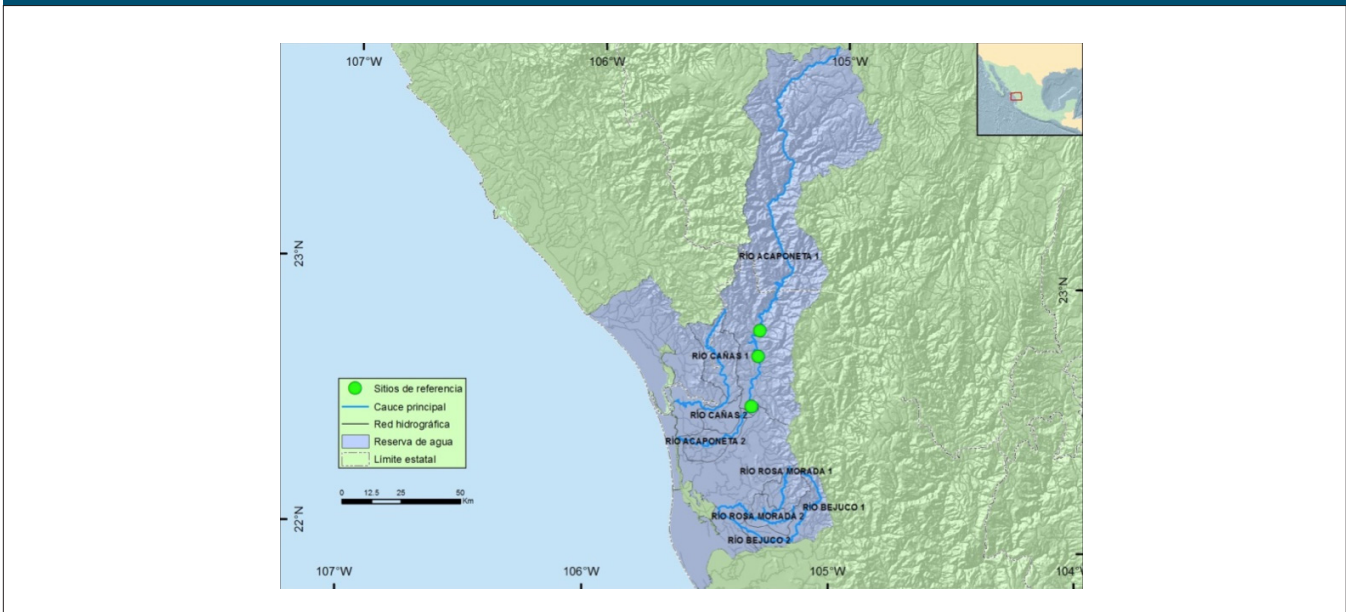
Tabla A2-4 Cuencas hidrológicas evaluadas y reservas de agua de la zona piloto “Copalita-Zimatán-Coyula”. Fuente: Elaboración propia

Cuenca hidrológica	Sitio de referencia	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental	Propuesta caudal ecológico	
				Volumen (Hm³)	Porcentaje del EMA
Río Copalita 1	Copalita La Hamaca	Muy bueno	“A”	566	99
Río Copalita 2	Puente Copalita	Muy bueno	“A”	587	92
Río Zimatán 1	Puente Petatengo	Bueno	“B”	39	98
Río Zimatán 2	Puente Zimatán	Muy bueno	“A”	71	98
Río Coyula	Puente Coyula	Bueno	“B”	176	34

5. Zona Acaponeta

El complejo de cuencas hidrológicas para este estudio se localiza en los estados de Durango y Nayarit y bajo la jurisdicción del Organismo de Cuenca Pacífico Norte de la CONAGUA (Figura A2-5). La evaluación de caudal ecológico fue realizada por Pronatura Noroeste A. C., con la contribución de especialistas de la Universidad Autónoma de Sinaloa, Universidad Autónoma de Nayarit, el Jardín Botánico de Culiacán y el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. Este trabajo fue financiado por la Alianza WWF-Fundación Carlos Slim.

Figura A2-5 Ubicación de la zona piloto “Acaponeta”.



Fuente: CONAGUA-WWF México (2013)

Los sitios de referencia se concentran en la cuenca del río Acaponeta, por ser la de mayor extensión; sin embargo, el estudio abarcó el análisis de otras cuencas hidrológicas de la región hidrológica Presidio-San Pedro que descargan a Marismas Nacionales. Los resultados se presentan en la Tabla A2-5.

Tabla A2-5 Cuencas hidrológicas evaluadas y reservas de agua de la zona piloto “Acaponeta”. Fuente: Elaboración propia

Cuenca hidrológica	Sitio de referencia	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental	Propuesta caudal ecológico	
				Volumen (Hm³)	Porcentaje del EMA
Río Acaponeta 1	Mineral de Cucharas, Tepehuajes	Muy bueno	“A”	860	63
Río Acaponeta 2	El Recodo	Muy bueno	“A”	937	66
Río Rosa Morada 1	-	Bueno	“B”	44	55
Río Rosa Morada 2	-	Muy bueno	“A”	91	57
Río Bejuco 1	-	Bueno	“B”	90	61
Río Bejuco 2	-	Bueno	“B”	122	61
Río Cañas 1	-	Bueno	“B”	41	33
Río Cañas 2	-	Bueno	“B”	54	34

El Programa Nacional de Reservas de Agua constituye una iniciativa adoptada y liderada por la autoridad, lo cual es poco común o raro. Es valioso que la iniciativa venga desde una entidad que tradicionalmente apoya obras de infraestructura para el desarrollo; esta es una medida legal de conservación del régimen hidrológico coordinada con la sociedad civil y la CONANP para alcanzar una protección integral del recurso hídrico, de los espacios naturales y los servicios ambientales que éstos aportan. Un programa de este tipo puede servir de modelo para otros programas e iniciativas de gobierno y es replicable para otros países.

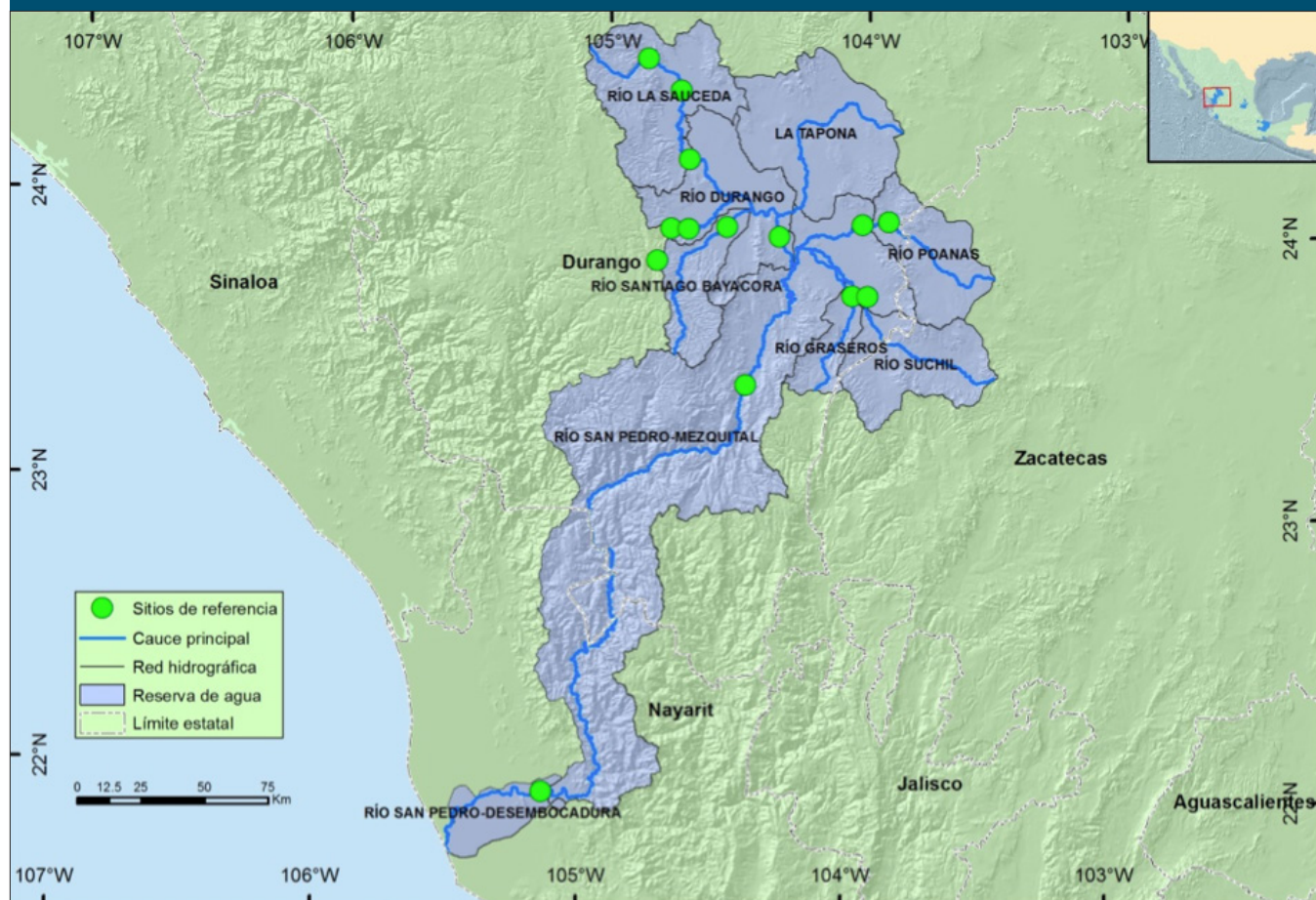
Miguel Ángel Vargas Téllez, Director adjunto, PRONATURA. Coordinador de los trabajos en la zona Acaponeta
La oportunidad de determinar un caudal ecológico para su adopción como reserva de agua ha sido muy motivante. El gran compromiso que mostró el grupo de trabajo estuvo muy por encima de lo esperado y hay que destacarlo. Durante las campañas de campo los integrantes de las diferentes especialidades nunca tuvieron problemas en esperar al resto del equipo. Tampoco se escuchó un “ya me cansé”. En jornadas donde el sol caía a plomo se cubrían la cabeza con turbante y seguían trabajando.

Mauricio Cortés Hernández, Director de especies prioritarias, PRONATURA Noroeste A.C.

6. Zona San Pedro Mezquital

Este estudio se concentra en cuencas hidrológicas de los estados de Zacatecas, Durango y Nayarit, con una gestión administrativa que corresponde al Organismo de Cuenca Pacífico Norte de la CONAGUA (Figura A2-6). La evaluación de caudal ecológico fue realizada por la Alianza WWF-FGRA, con la colaboración de especialistas de los Institutos de Biología y Geografía de la UNAM, el Instituto de Ecología A. C., la Universidad Juárez del Estado de Durango, y el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional (Unidad Durango).

Figura A2-6 Ubicación de la zona piloto “San Pedro Mezquital”.



Fuente: CONAGUA-WWF México (2013)

Este proyecto fue realizado desde 2009 por la Alianza WWF-FGRA. A partir del trabajo en esta cuenca se sistematizó la experiencia de determinación de caudales ecológicos y se propuso el primer borrador de la norma de caudal ecológico. Los sitios de referencia fueron ubicados en diferentes puntos de las cuencas hidrológicas para cubrir todo el sistema interconectado de la subregión hidrológica Río San Pedro, con excepción de la cuenca media que no tiene acceso. Los resultados se presentan en la Tabla A2-6.

Tabla A2-6 Cuencas hidrológicas evaluadas y reservas de agua de la zona piloto “San Pedro Mezquital”. Fuente: Elaboración propia

Cuenca hidrológica	Sitio de referencia	Estado de conservación deseado	Objetivo ambiental	Propuesta caudal ecológico	
				Volumen (Hm ³)	Porcentaje del EMA
Río El Tunal	El Tunal T1	Muy bueno	“A”	85.2	61
Río La Saucedá	La Saucedá S1 y S2	Moderado	“C”	33.3	25
Río Santiago Bayacora	SB1	Moderado	“C”	8.7	10
Río Durango	Durango AS1, T2, T3 y SP1	Moderado	“C”	38.0	11
Río Poanas	Poanas P1	Muy bueno	“A”	14.5	23
Río Súchil	Súchil AS2	Moderado	“C”	5.4	15
Río Graseros	Graseros AG1	Muy bueno	“A”	9.5	35
Río San Pedro Mezquital	San Pedro Mezquital SP2	Moderado	“C”	82.0	3
Río San Pedro Desembocadura	San Pedro Desembocadura SP3	Muy bueno	“A”	1,678.0	59

